

Prof. dr hab. inż. Jacek Słania
Sieć Badawcza ŁUKASIEWICZ
– Górnośląski Instytut Technologiczny
Centrum Spawalnictwa
ul. Bł. Czesława 16-18
44-100 Gliwice

Gliwice, 04 marca 2023 r.

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Tomasza Poloczka pt:

„Kształtowanie struktury i właściwości użytkowych powłok kompozytowych na osnowie kobaltu wzmacnianych *in situ* węglikiem tytanu w procesie napawania laserowego”

wykonana na zlecenie Rady Naukowej Dyscypliny

Inżynieria Materiałowa

Politechniki Śląskiej

w Gliwicach

na podstawie uchwały z dnia 21 lutego 2023 r.

Wprowadzenie

Wysokie wymagania dotyczące właściwości eksploatacyjnych części i wyposażenia maszyn i urządzeń powodują konieczność stosowania do ich wytwarzania nowych materiałów konstrukcyjnych oraz nowoczesnych technologii. Jednymi z najnowocześniejszych i równocześnie najbardziej powszechnie stosowanymi w przemyśle technologiami są technologie spawalnicze. Technologie te są ważnym elementem wytwarzania części maszyn i urządzeń o specjalnych właściwościach użytkowych. Umożliwiają one uzyskanie warstw wierzchnich o wymaganych właściwościach eksploatacyjnych. Procesy spawalnicze są procesami specjalnymi, to jest takimi, których wyniku nie można ocenić w trakcie ich trwania, a niezgodności mogą się ujawnić dopiero po ich zakończeniu. Z tego względu zasadne i konieczne jest szczegółowe zbadanie tych procesów w celu ich wykorzystania do precyzyjnego kształtowania właściwości eksploatacyjnych napawanych warstw. Nie jest to jednak możliwe bez znajomości właściwości fizycznych i wynikających z nich właściwości eksploatacyjnych napoin, w tym odporności na zużyciekawitacyjne. Zagadnienie wpływu warunków napawania na właściwości użytkowe warstw napawanych jest dotychczas zbadane w niewielkim stopniu.

Podjęcie przez mgr inż. Tomasza Poloczka pracy doktorskiej o charakterze teoretycznym – doświadczalnym pt: **„Kształtowanie struktury i właściwości użytkowych powłok kompozytowych na osnowie kobaltu wzmacnianych *in situ* węglikiem tytanu w procesie napawania laserowego”** należy uznać za wybór trafny ze względu na znaczenie tematyki w zakresie poznawczym, jak również możliwość praktycznego zastosowania wyników badań. Problematyka, którą Doktorant podjął jest mało zbadana, a przy tym bardzo istotna z naukowego i użytkowego punktu widzenia. Dlatego uważam, że temat pracy jest uzasadniony, interesujący i aktualny.

Biuro Dziekana

Treść rozprawy

Praca doktorska pt: **„Kształtowanie struktury i właściwości użytkowych powłok kompozytowych na osnowie kobaltu wzmacnianych *in situ* węglikiem tytanu w procesie napawania laserowego”** składa się z dwóch podstawowych części, to jest części literaturowej oraz części badawczej i zawiera 142 strony tekstu, 19 tabel, 63 rysunki oraz 106 pozycji bibliograficznych.

W części literaturowej Doktorant przedstawił zagadnienia dotyczące warstw napawanych odpornych na zużycie erozyjne. W tej części szczegółowo omówił stopy kobaltu oraz zagadnienia dotyczące syntezy węglika tytanu w stopach kobaltu. Szeroko opisał procesy zużycia, w tym zużycia erozyjnego i tribologicznego. Szczególnie dokładnie przedstawił proces zużycia erozyjnego i wpływające na niego czynniki: wielkość cząstek erodenta, materiał cząstek, kąt padania, prędkość uderzenia w materiał, temperaturę powierzchni erodowanej oraz obecność zanieczyszczeń w ścierniwie. Opisał doświadczalne metody badania erozji. Doktorant omówił zagadnienia dotyczące wiązki promieniowania laserowego, obróbki laserowej powierzchni oraz napawania laserowego. Część teoretyczną Autor zakończył zwięzłym podsumowaniem, w którym dokonał krytycznej oceny obecnego stanu wiedzy w odniesieniu do procesów napawania laserowego stopów kobaltu i zwiększenia odporności erozyjnej powierzchni roboczej części maszyn. Na szczególne podkreślenie zasługuje trafny wybór zagadnień przedstawionych w części literaturowej, stosowny do tematu pracy zakres ich omówienia oraz bardzo wyczerpujący i przejrzysty sposób prezentacji.

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu literaturowego Autor sformułował cele poznawcze pracy, których istota sprowadza się do określenia wpływu składu chemicznego stopu na udział, wielkość i morfologię fazy wzmacniającej, którą jest węgiel tytanu, udział eutektycznych węglików chromu oraz skład fazowy materiału osnowy powłok kompozytowych napawanych laserowo oraz mechanizmów zużycia zachodzących podczas oddziaływania cząstek erodenta na powierzchnię napawanych powłok. Doktorant sformułował również cel praktyczny, którym było określenie optymalnych ze względu na wydłużenie czasu eksploatacji elementów narażonych na silne zużycie erozyjne, warunków technologicznych napawania laserowego. Do osiągnięcia postawionych celów Autor opracował stosowny zakres badań.

Doktorant postawił oryginalną tezę pracy: **„Proces napawania laserowego powłok kompozytowych na osnowie kobaltu wzmacnianych *in situ* wydzieleniami węglika tytanu, poprzez sterowanie składem chemicznym ciekłego metalu jeziorzka spawalniczego, umożliwi kształtowanie mikrostruktury powłok, w tym udziału wydzieleni faz wzmacniających (zarówno węglika tytanu, jak i węglika chromu) oraz składu fazowego osnowy, a tym samym umożliwi wytworzenie powłok kompozytowych charakteryzujących się wysoką odpornością na zużycie erozyjne.”**

Z przedstawionych celów oraz postawionej tezy wynikał zakres i metodyka badań przedstawionych w drugiej, doświadczalnej części pracy.

W tej części pracy Doktorant przeprowadził obszerne badania, których celem była doświadczalna analiza wpływu warunków technologicznych procesu napawania laserowego na parametry geometryczne wytwarzanych powłok oraz udział materiału podłoża, określenie stężenia pierwiastków w stopie umożliwiającym syntezę in situ węgliku tytanu ze szczególnym uwzględnieniem wpływu dodatku tytanu oraz węgla na możliwość sterowania udziałem i morfologią wydzieleni fazy węgliku tytanu oraz zmianami zachodzącymi w mikrostrukturze osnowy powłok, przeprowadzenie badań makroskopowych i mikroskopowych wytworzonych powłok kompozytowych, określenie wpływu modyfikacji na uzyskaną twardość napawanych powłok, przeprowadzenie badań porównawczych odporności na zużycie erozyjne napawanych powłok.

Uzyskane wyniki Autor przedstawił w postaci tabelaryzowanych wartości liczbowych. Całość badań zakończył obszernym i wnikliwym podsumowaniem.

Na podstawie uzyskanych wyników Doktorant sformułował sześć wniosków dotyczących napawania laserowego powłok stelitowych z podawaniem in situ węgliku tytanu oraz ich odporności na zużycie erozyjne.

Ocena rozprawy oraz uwagi ogólne

Wybór tematu rozprawy doktorskiej należy uznać za bardzo trafny i aktualny, mieszczący się we współczesnych tendencjach rozwojowych zastosowania badań napawanych warstw odpornych na ścieranie. Doktorant przeprowadził obszerne badania doświadczalne mające na celu sprawdzenie związku między właściwościami uzyskanych warstw napawanych laserowo a ich odpornością na zużycie erozyjne.

Stanowi to znaczący, nowatorski wkład Doktoranta w rozwój badań nad napawaniem laserowym warstw wierzchnich odpornych na zużycie erozyjne.

Na szczególne podkreślenie zasługuje:

- bardzo starannie, rzeczowo i wyczerpująco opracowana część teoretyczna pracy,
- obszerne badania metalograficzne,
- badania odporności na zużycie erozyjne.

W pierwszej części rozprawy Doktorant dokonał przeglądu stu sześciu pozycji literatury dotyczącej badanego zagadnienia, uwzględniając ważne publikacje ostatniej dekady. W tym zakresie Doktorant wykazał się dobrą znajomością zagadnienia i prawidłową oceną zjawisk związanych z napawaniem laserowym warstw stelitowych odpornych na zużycie erozyjne.

Ogólna koncepcja badań doświadczalnych została sformułowana przez Autora poprawnie, a jej realizację oceniam pozytywnie. Eksperymentalna część rozprawy jest obszerna i zawiera szereg wartościowych wyników i informacji. Dotyczy to zwłaszcza wyników badań aparaturowych oraz szerokiej, szczegółowej i ciekawej analizy wyników wraz z ich podsumowaniem. Doktorant skutecznie zastosował nowoczesne, doświadczalne metody badań. W wyniku przeprowadzonych obszernych i różnorodnych badań uzyskał interesujące i wartościowe wyniki, które następnie poprawnie zinterpretował.

W podsumowaniu chciałbym podkreślić, że zaplanowane cele i zakres pracy zostały osiągnięte i dlatego całość rozprawy doktorskiej mgr inż. Tomasza Poloczka oceniam pozytywnie. Doceniam zwłaszcza trafnie przyjęty zakres metod badawczych oraz dużą liczbę przeprowadzonych badań. Forma prezentowania wyników, rzeczowy sposób ich analizy oraz przedstawione wnioski świadczą o dojrzałości badawczej Doktoranta. Sposób przygotowania rozprawy i jej szata graficzna zasługują na bardzo wysoka ocenę.

W trakcie szczegółowej analizy rozprawy nasunęło mi się jednak kilka uwag ogólnych dotyczących jej treści, warunków prowadzenia badań oraz zakresu eksperymentu.

1. Na stronie 5 Doktorant jako źródło ciepła wymienił plazmę. Proponuję termin „łuk plazmowy”.
2. Uważam, że rysunek 1 ze strony 16 powinien być wykonany w lepszej jakości.
3. Na stronie 20 Autor pisze: „W wyniku nałożenia się naprężeń własnych z siłami zewnętrznymi...”. Jako prawidłowy sugeruję zapis „W wyniku nałożenia się naprężeń własnych z naprężeniami wywołanymi siłami zewnętrznymi...”.
4. W podpisie pod rysunkiem 13 na stronie 43 użyto sformułowania „wyniki twardości”. Proponuje sformułowanie „wyniki pomiarów twardości”.
5. Na stronie 53 Autor pisze „optymalnych parametrów napawania”. Nie podaje jedną, ze względu na jakie kryterium. Podobnie na stronie 59 i 66. Proszę o wyjaśnienie.
6. Na stronie 67 Doktorant podaje, że kąt obserwacji wskazań po badaniu penetracyjnym wynosi 0° . Jest to wartość, która uniemożliwia wykrycie wszelkich wskazań. Proszę o wyjaśnienie.
7. Na stronie 76 Autor pisze, że „powłoki charakteryzowały się wysoką jakością”. Proszę o uszczegółowienie.
8. Proszę o szersze omówienie wniosku 5 w odniesieniu do tabeli 19 ze strony 109.
9. Założony cel użyteczny pracy nie ma odniesienia we wnioskach. Proszę o przedstawienie takiego odniesienia.
10. W pracy nie zastosowano planowania eksperymentu i matematycznej obróbki wyników badań. Proszę o wyjaśnienie.
11. Po przedstawieniu wniosków, sugeruję umieszczenie krótkiego rozdziału dotyczącego kierunków dalszych badań. Proszę Doktoranta o przedstawienie tych kierunków.

Najważniejsze uwagi szczegółowe

1. W spisie treści Autor podał punkt 2.4 Obróbka laserowa powierzchni oraz jedyny podpunkt 2.4.1 Charakterystyka napawania laserowego. Przyjmuje się, że jednego podpunktu się nie wyszczególnia i sugeruję włączenie go do pkt. 2.4.
2. Lista skrótów – sugeruję ułożenie w kolejności alfabetycznej.
3. Na stronie 5, 7, 8, 11, 14, 16, 36, 57, 61, użyto terminu „temperatury” (liczba mnoga). Proponuję używanie wyłącznie liczby pojedynczej.

4. Na stronie 14 Doktorant użył terminu „dedykowany”. Dedykacja wiąże się z pewnym aktem uroczystym np. dedykowanie książki Żonie. Proponuję stosowanie terminu „przeznaczony”.
5. Na stronie 114 Autor użył terminu „ilość cząsteczek”, podczas gdy moim zdaniem ze względu na policzalność poprawnym terminem powinna być „liczba”.
6. Proponuję, aby wnioski (dla większej czytelności) oznaczać cyfrowo.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Pomimo wymienionych uwag ogólnych i szczegółowych stwierdzam, że Autor osiągnął cele postawione w pracy, dochodząc do wyników mających znaczenie nie tylko poznawcze, ale również szczególnie istotnych dla zastosowania wiedzy z zakresu napawania laserowego i właściwości wierzchnich warstw stelitowych odpornych na zużycie erozyjne do praktyki przemysłowej. Całość recenzowanej rozprawy w pełni potwierdza wiedzę teoretyczną Doktoranta oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowo – badawczej.

Uważam, że opiniowana rozprawa doktorska spełnia wymagania stawiane przez obowiązującą ustawę z dnia 14 marca 2003 r o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Na tej podstawie składam wniosek o dopuszczenie mgr inż. Tomasza Poloczka do publicznej obrony rozprawy doktorskiej przed Radą Naukową Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

Proponuję wyróżnienie przedstawionej rozprawy doktorskiej.

