

Prof. dr hab. inż. Jacek Słania
Sieć Badawcza ŁUKASIEWICZ - Instytut Spawalnictwa
Ul. Bł. Czesława 16-18
44-100 Gliwice

Gliwice, 19 sierpnia 2022 r.

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Michała Szymury pt:

„Własności warstw napawanych łukowo z podawaniem grawitacyjnym węgla wolframu do jeziora napoiny”

wykonana na zlecenie Rady Naukowej Dyscypliny

Inżynieria Materiałowa

Politechniki Śląskiej

w Gliwicach

na podstawie uchwały z dnia 21 czerwca 2022 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 zużycie ściernie. Zagadnienie wpływu warunków napawania na właściwości użytkowe warstw napawanych jest dotychczas zbadane w niewielkim stopniu.

Podjęcie przez mgr inż. Michała Szymurę pracy doktorskiej o charakterze teoretyczno – doświadczalnym pt: **„Własności warstw napawanych łukowo z podawaniem grawitacyjnym węgla wolframu do jeziora napoiny”** 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.

Treść rozprawy

Biuro Dziekana

01 WRZ 2022

wpłynęło dnia

RD/112 / RMT / 65 / 51 / 2022

nr zat.

2 eqaempel

Treść rozprawy

Praca doktorska pt: „**Własności warstw napawanych łukowo z podawaniem grawitacyjnym węgliku wolframu do jeziorka napoiny**” składa się z dwóch podstawowych części, to jest części literaturowej oraz części badawczej i zawiera 129 stron tekstu, 31 tablic, 26 rysunków oraz 100 pozycji bibliograficznych.

W części literaturowej Doktorant przedstawił zagadnienia dotyczące warstw napawanych odpornych na zużycie ściernie. W tej części szczegółowo omówił stopy o strukturze żeliwa szarego oraz materiały kompozytowe z cząstkami węgliku wolframu w osnowie metalowej. Szeroko opisał stosowane procesy napawania – napawanie gazowe, łukowe elektrodą topliwą, drutem proszkowym w osłonie gazowej i samoosłonowym, nietopliwą elektrodą wolframową w osłonie gazu obojętnego, plazmowe i laserowe. Część teoretyczną Autor zakończył zwięzłym podsumowaniem, w którym dokonał krytycznej oceny obecnego stanu wiedzy w odniesieniu do wpływu ciepła w procesie spawania oraz podawania węgliku wolframu do jeziorka napoiny w aspekcie trwałości eksploatacyjnej kompozytowych warstw napawanych. Na podkreślenie zasługuje trafny wybór zagadnień przedstawionych w części literaturowej, stosowny do tematu pracy zakres ich omówienia oraz zwięzły i przejrzysty sposób prezentacji.

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu literaturowego Autor sformułował cel naukowy pracy, którego istota sprowadza się do określenia wpływu warunków technicznych zmechanizowanego napawania łukowego drutem proszkowym samoosłonowym zapewniającym stopiwo żeliwa chromowego z grawitacyjnie podawanym węglikiem wolframu do jeziorka napoiny, na strukturę i właściwości użytkowe warstw wierzchnich oraz cel praktyczny, którym było określenie optymalnych ze względu na zawartość cząstek węgliku wolframu parametrów napawania. Do osiągnięcia postawionego celu Doktorant wykorzystał symulowanie rzeczywistego obiektu badań przy zastosowaniu modelu matematycznego procesu napawania łukowego z podawanymi cząstkami wolframu. Na podstawie uzyskanych wyników Autor opracował wytyczne technologiczne napawania warstw o wysokiej odporności na zużycie ściernie typu metal-minerał.

Doktorant postawił oryginalną tezę pracy: „**Poprzez zmiany warunków technologicznych napawania łukowego drutem proszkowym samoosłonowym z podawaniem cząstek węgliku wolframu oraz odległość osi dyszy jego podawania od osi drutu można w istotny sposób wpływać na zawartość cząstek węgliku wolframu w napoinie oraz wpływać na ich rozłożenie, a tym samym kształtować strukturę i własności napawanych warstw. Odpowiedni dobór parametrów napawania zapewni bardzo wysoką odporność na zużywanie ściernie kompozytów napoin niezależnie od stopnia ich zużycia.**”

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

W tej części pracy Doktorant przeprowadził obszernie badania, których celem była doświadczalna analiza warunków napawania z grawitacyjnym podawaniem węgliku wolframu na odporność napoin na zużycie ściernie.

Program badań obejmował zaprojektowanie i skonstruowanie prototypowego oprzyrządowania umożliwiającego grawitacyjne podawanie do określonego obszaru wymaganej ilości węgliku wolframu, badanie wpływu parametrów napawania na jakość napoiny, wyznaczenie modelu matematycznego procesu zmechanizowanego napawania drutem proszkowym samoosłonowym z grawitacyjnie podawanym węglikiem wolframu do jeziora napoiny, optymalizację procesu napawania ze względu na kryterium maksymalnej zawartości cząstek węgliku wolframu w napoinie, określenie równomierności rozkładu cząstek węgliku wolframu w napoinach, badania odporności na zużycie ścierne, pomiary twardości napoin, analizę ilościową składu chemicznego metodą spektroskopii optycznej, analizę powierzchniową rozmieszczenia pierwiastków w mikroobszarach napoiny, rentgenowską analizę fazową napoin, badania metalograficzne makro- i mikroskopowe.

Uzyskane wyniki przedstawił w postaci tabelaryzowanych wartości liczbowych.

Całość badań zakończył obszerną i wnikliwą analizą.

Na podstawie uzyskanych wyników Doktorant sformułował sześć wniosków dotyczących warunków napawania drutem proszkowym samoosłonowym z grawitacyjnym podawaniem cząstek węgliku wolframu.

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 warunkami napawania i podawania grawitacyjnego węgliku wolframu a właściwościami uzyskanych napoin.

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

Na szczególne podkreślenie zasługuje:

- zaprojektowanie i skonstruowanie prototypowego oprzyrządowania umożliwiającego grawitacyjne podawanie do określonego obszaru wymaganej ilości węgliku wolframu,
- zastosowanie planowania eksperymentu i matematycznej obróbki wyników badań,
- wyznaczenie modelu matematycznego procesu zmechanizowanego napawania drutem proszkowym samoosłonowym z grawitacyjnie podawanym węglikiem wolframu do jeziora napoiny,
- opracowanie warunków technologicznych zmechanizowanego napawania łukowego drutem proszkowym samoosłonowym zapewniającym stopiwo żeliwa chromowego z grawitacyjnym podawaniem cząstek węgliku wolframu do jeziora napoiny.

W pierwszej części rozprawy Doktorant dokonał przeglądu stu 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 warstw odpornych na ścieranie.

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 planowania eksperymentu, wyników badań aparaturowych oraz bardzo obszernej, szczegółowej i ciekawej analizy wyników. 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. Michała Szymury 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 nie budzą moich zastrzeżeń

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

1. Na stronie 49 Autor omawia optymalizację dwukryterialną. Kryterium udziału materiału podłoża w napoinie nadano wagę równą 0,7, natomiast wydajności napawania 0,3. Proszę o wyjaśnienie wartości przyjętych wag.
2. W tablicach 9 na stronie 56 oraz 11 na stronie 67 Doktorant podaje wyniki badań wizualnych przeprowadzonych na zglądach makroskopowych napoin. Nie przeprowadził natomiast badań nieniszczących powierzchniowych (VT, PT czy MT) dla wykonanych napoin. Proszę o wyjaśnienie.
3. Na stronie 113 Autor pisze „W wyniku symulacji procesu napawania, na podstawie uzyskanego modelu matematycznego, osiągnięto napoinę składającą się z 51,66% cząstek węgla wolframu”. Proszę o wyjaśnienie, o jaką symulację chodzi.
4. Po przedstawieniu wniosków, sugeruję umieszczenie krótkiego rozdziału dotyczącego kierunków dalszych badań. Proszę Doktoranta o przedstawienie tych kierunków.

Najważniejsze uwagi szczegółowe

1. Na stronie 38 Autor użył terminu „ilość cząsteczek”, natomiast na stronie 118 „ilość pęknięć”, podczas gdy moim zdaniem ze względu na policzalność poprawnym terminem powinna być „liczba”.
2. Na stronie 46 Doktorant użył zwrotu „cząstki o jak największej wielkości”. Proponuje stosowanie terminu „granulacja” lub „ziarnistość”.
3. Na tej samej stronie użył terminu „wada”. Obecnie stosowanym terminem jest „niezgodność”. Wada oznacza niezgodność, która dyskwalifikuje wyrób.
4. Na stronie 48 Autor użył w odniesieniu do napoiny terminu „krzepnięcie”. Sugeruje stosowanie terminu „krystalizacja”.

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 warstw wierzchnich odpornych na ścieranie 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. Michała Szymury do publicznej obrony rozprawy doktorskiej przed Radą Naukową Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

