

prof. dr hab. inż. Tomasz Chmielewski
Politechnika Warszawska
Wydział Mechaniczny Technologiczny
ul. Narbutta 85, 02-524 Warszawa
www.mt.pw.edu.pl

Warszawa, dn. 30.04.2022 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej
pt.:

„Kształtowanie struktury i właściwości użytkowych warstw
wierzchnich odlewów z żeliwa sferoidalnego w procesie
stopowania laserowego”

Autor:
mgr inż. Aleksandra Lont

Promotor: dr hab. inż. Jacek Górka, prof. PŚ
Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Damian Janicki, prof. PŚ

Opracowano na zlecenie
Przewodniczącej Rady Dyscypliny
Inżynieria Materiałowa
Politechniki Śląskiej
Pani prof. dr hab. inż. Marii Sozańskiej
z dnia 22.03.2022 r.

1. Uwagi ogólne

Recenzowana praca dotyczy nowoczesnego nurtu naukowego modyfikacji powierzchni z wykorzystaniem procesu stopowania laserowego zastosowanego

Biuro Dziekana

wpłynęło dnia 19.11.2022
P.D.H.a. 134/511/2022
NF zat.

wobec żeliwa, odlewniczego stopu żelaza z węglem, w stronę którego kierowana jest w ostatnim czasie na nowo uwaga badaczy, zwłaszcza w kontekście modyfikacji jego struktury i kształtowania nowych właściwości zarówno w ujęciu objętościowym jak i lokalnym w zakresie uszlachetniania powierzchni. Modyfikacja powierzchni żeliwa jako tworzywa konstrukcyjnego jest od lat przedmiotem prac naukowych Katedry Spawalnictwa Politechniki Śląskiej, a niniejsza rozprawa wpisuje się w tę specjalność i powiększa bogate doświadczenia zespołu.

Praca ma charakter interdyscyplinarny. Głównym celem było laserowe stopowanie powierzchni żeliwa sferoidalnego w celu uszlachetnienia poprzez wytworzenie *in situ* struktury kompozytowej i w efekcie uzyskanie poprawy odporności na zużycie erozyjne. W ramach pracy przeprowadzono badania struktury i wybranych właściwości warstwy wierzchniej żeliwa stopowanego laserowo tytanem w osłonie argonu lub azotu. Zrealizowane badania obejmowały analizę makrostrukturalną wraz z pomiarami geometrii ściegów stopowanych i przetapianych laserowo, analizę jednorodności chemicznej i strukturalnej warstw kompozytowych, pomiary stężenia tytanu i udziału objętościowego fazy wzmacniającej, analizę mikrostruktury i składu fazowego, pomiary twardości, badania odporności na zużycie erozyjne oraz analizę mechanizmu zużycia erozyjnego warstwy wierzchniej.

Praca liczy 145 stron ze spisem treści, spisem tablic i rysunków, załącznikami, spisem literatury oraz streszczeniem w języku polskim i angielskim. Rozprawa składa się z 6 rozdziałów, powiązanych merytorycznie. Zachowano właściwe proporcje pomiędzy zasadniczymi elementami opracowania, które tworzą klasyczny układ dysertacji. Tytuł pracy nawiązuje do jej treści.

Bibliografia obejmuje 197 pozycji literaturowych, w tym dwa artykuły naukowe Doktorantki jeden autorski w języku polskim, a drugi współautorski w czasopiśmie z wysokim IF 2.679. Cytowane źródła literaturowe były w większości opublikowane w ostatnich latach, różnorodne i adekwatne do tematyki rozprawy.

Churduk

Spis obejmuje artykuły z czasopism naukowych, materiały konferencyjne i opracowania książkowe ze światowego obiegu literatury.

2. Ocena ważności podjętego problemu naukowego

W pracy podjęto problem selektywnej modyfikacji żeliwa sferoidalnego przez uszlachetnienie powierzchni w celu uzyskania lepszych parametrów użytkowych.

Choć ekspansję rozwoju żeliwa mamy już za sobą, a inżynieria materiałowa skupia się obecnie na takich materiałach jak nanokrystaliczne metale, nowoczesne polimery czy różne grupy kompozytów, to żeliwo, jest wciąż jednym z często stosowanych materiałów w budowie maszyn. Decydują o tym takie czynniki jak: niski koszt wyrobu, dobre właściwości wytrzymałościowe oraz dobra skrawalność i dobre właściwości mechaniczne szczególnie żeliwa sferoidalnego. Uszlachetnienie powierzchni żeliwa sferoidalnego metalurgicznie związaną warstwą kompozytową o specyficznych właściwościach może znacząco rozszerzyć zakres stosowania tego tworzywa.

Z powyższych względów wybór tematyki uważam za uzasadniony i dobrze ulokowany nie tylko w aktualnym obszarze utylitarnym, ale i perspektywicznym obszarze badawczym.

3. Ogólna ocena rozprawy

We wprowadzeniu do rozprawy Autorka w zwięzły sposób przedstawiła problematykę poruszanego zagadnienia i plan badań.

W rozdziale II Autorka szeroko scharakteryzowała żeliwo, kilka gatunków spośród najczęściej stosowanych przemysłowo. Następnie omówiono szereg procesów obróbki laserowej powierzchni materiałów metalowych i rodzajów stosowanych procedur. Przedstawiono procesy laserowej obróbki powierzchni żeliwa. Na koniec rozdziału postawiono tezę badawczą, którą skutecznie w rozprawie argumentowano.

Rozdział III zawiera cel i zakres pracy oraz precyzyjnie określony program badań. Scharakteryzowano materiały badawcze i opisano metodykę badań uwzględniającą laserową obróbkę powierzchniową, badania metalograficzne, analizę składu chemicznego i budowę fazową obszarów zmodyfikowanych, pomiary twardości i badania odporności na zużycie erozyjne. Następnie zaprezentowano wyniki przeprowadzonych badań. W rozdziale IV podsumowano rozważania literaturowe i badania eksperymentalne, zinterpretowano uzyskane wyniki badań. W rozdziale V postawiono wnioski, wszystkie znajdujące odzwierciedlenie w uzyskanych wynikach badań eksperymentalnych.

4. Ocena merytoryczna

Po wnikliwym zapoznaniu się z treścią rozprawy stwierdzam, że analiza stanu zagadnienia, plan badań, metodyka, realizacja badań, dobór aparatury naukowo-badawczej oraz opracowanie wyników, prezentują bardzo wysoki poziom merytoryczny.

W ramach realizacji pracy doktorskiej przeprowadzono skuteczne badania literaturowe oraz eksperymentalne w obszarze laserowej obróbki powierzchni żeliwa sferoidalnego ukierunkowanej na poprawę odporności na zużycie powierzchni. Zastosowano laserowe stopowanie powierzchni żeliwa sferoidalnego do wytworzenia *in situ* jednorodnych strukturalnie warstw wierzchnich o strukturze kompozytowej z możliwością kształtowania właściwości fazy wzmacniającej, skutkujące podwyższeniem twardości i odporności na erozję powierzchni uszlachetnionej. Przeprowadzono zabiegi laserowego stopowania powierzchni żeliwa sferoidalnego tytanem dostarczonym w formie proszku do kąpielii metalicznej w atmosferze argonu i alternatywnie azotu. Otrzymane struktury kompozytowe gruntownie scharakteryzowano. Uzyskane wyniki badań i ich interpretacje potwierdziły przyjętą tezę.

Za największe, oryginalne osiągnięcia naukowe Doktorantki uważam:

- Opisanie wpływu parametrów procesu laserowego stopowania powierzchni żeliwa sferoidalnego tytanem, na strukturę i wybrane właściwości uszlachetnionej powierzchni.
- Opisanie mechanizmu kształtowania struktury kompozytowej wzmacnianej TiC alternatywnie TiCN.
- Opisanie mechanizmu zużycia erozyjnego żeliwa sferoidalnego oraz warstw wierzchnich żeliwa sferoidalnego stopowanego laserowo tytanem.
- Opracowanie warunków procesu stopowania laserowego powierzchni żeliwa sferoidalnego tytanem skutkującego wzrostem twardości powierzchni i wzrostem odporności na erozję.

4. Uwagi do pracy

Generalnie, praca napisana jest na bardzo wysokim poziomie z zastosowaniem właściwej terminologii, jednak Autorka nie uniknęła drobnych błędów merytorycznych, redakcyjnych i językowych, np.:

- W treści pracy autorka posługuje się określeniem „konwekcja Marangoniego” co znaczyłoby, że głównym czynnikiem napędowym wymiany ciepła i cyrkulacji masy jest gradient temperatury i wynikająca z niego różnica gęstości cieczy. Poprawnie jest określać zjawisko odpowiedzialne za cyrkulację cieczy m.in. w kąpeli metalicznej jako „Efekt Marangoniego” powiązany z przypowierzchniowym przepływem masy wywołanym głównie gradientem napięcia powierzchniowego na lustrze cieczy. Jeśli przyczyną zmian napięcia powierzchniowego jest gradient ciepła to mamy do czynienia z efektem termokapilarnym lub solutokapilarnym w sytuacji gradientu koncentracji jednego ze składników.

- Autorka nadużywa liczby mnogiej dla takich rzeczowników jak: energia, żeliwo, temperatura, prędkość, co w języku potocznym uchodzi, jednak w rozprawie naukowej powinno się pisać np. o różnych gatunkach żeliwa (wysokowęglowego stopu żelaza z węglem), a nie o różnych żeliwach, itd.,

- Doktorantka wymiennie stosuje pojęcia krystalizacji i krzepnięcia, kiedy to krzepnięcie jest określeniem zarezerwowanym do opisu zmiany stanu skupienia z ciekłego w stały materiałów bezpostaciowych w stanie stałym.

- Autorka wymiennie używa określenia technologia i metoda w kontekście procesu stopowania. Technologia to zdefiniowane zmienne zasadnicze określonego procesu.

Poniżej wymieniono uwagi o charakterze dyskusyjnym z prośbą do Autorki rozprawy o ustosunkowanie się:

1. Nie określono warunków stopowania powierzchni na potrzeby testów odporności na zużycie erozyjne. Czy badane były pojedyncze ściegi? Czy została zmodyfikowana większa powierzchnia utworzona z kilku sąsiednich ściegów, jeśli tak to z jaką wartością off-set'u i w jakich warunkach temperaturowych?
2. Wydaje się, że dobrym uzupełnieniem opisu efektów testów odporności na zużycie erozyjne wzmacniającym opis mechanizmu zużycia, byłoby graficzne zobrazowanie struktury stereometrycznej erodowanej powierzchni i jej opis z użyciem standardowych parametrów profilu geometrycznego. Bardzo proszę o wyrażenie opinii.

5. Podsumowanie i wnioski końcowe

Uważam, że recenzowana rozprawa prezentuje bardzo wysoki poziom merytoryczny, zawiera elementy nowości i oryginalności oraz wnosi wkład w rozwój procesów modyfikacji powierzchni żeliwa sferoidalnego z zastosowaniem stopowania laserowego.

Ponadto stwierdzam, że Autorka wykazała się wystarczającą wiedzą, umiejętnością planowania i realizacji badawczych prac naukowych, umiejętnością oceny i interpretacji uzyskanych wyników, co świadczy o predyspozycjach do realizacji prac badawczych.

W związku z powyższym uważam, że rozprawa doktorska opracowana przez Panią mgr inż. Aleksandrę Lont pt. „Kształtowanie struktury i właściwości użytkowych warstw wierzchnich odlewów z żeliwa sferoidalnego w procesie stopowania laserowego” spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy prawa i może być dopuszczona do publicznej obrony w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa.

Uwzględniając bardzo wysoki poziom zrealizowanych badań i wnikliwą analizę uzyskanych wyników, zwracam się z wnioskiem do Wysokiej Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Aleksandry Lont.

