

dr hab. inż. Leszek Łatka, prof. uczelni

Wrocław, dn. 26.04.2022 r.

Katedra Przeróbki Plastycznej, Spawalnictwa i Metrologii

Wydział Mechaniczny

Politechnika Wroclawska

ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27

50-370 Wrocław

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Lont pt.
**„Kształtowanie struktury i właściwości użytkowych warstw
wierzchnich odlewów z żeliwa sferoidalnego w procesie
stopowania laserowego”**

promotor: dr hab. inż. Jacek Górka, prof. PŚ

promotor pomocniczy: dr hab. inż. Damian Janicki, prof. PŚ

Podstawa opracowania recenzji:

Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie pisma o sygnaturze RDIMa/RMT/20/51/2022 z dnia 22.03.2022 r., które zostało podpisane przez Przewodniczącą Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej, prof. dr hab. inż. Marię Sozańską.

1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Aleksandry Lont pt. „Kształtowanie struktury i właściwości użytkowych warstw wierzchnich odlewów z żeliwa sferoidalnego w procesie stopowania laserowego” została zredagowana jako monografia licząca 145 stron. Zawiera ona spis treści, pięć merytorycznych rozdziałów, spis literatury oraz streszczenie w języku polskim i angielskim.

Biuro Dziekana

wpłynęło dnia 29.04.2022
RDIMa/RMT/20/51/2022
nr zał.

Przedłożona do recenzji dysertacja ma typową strukturę dla pracy naukowej. Autorka po krótkim wprowadzeniu dokonuje zwięzłego opisu aktualnego stanu wiedzy (rozdział 2.), który dotyczy zagadnień związanych z inżynierią powierzchni w aspekcie poprawy właściwości odlewów z żeliwa sferoidalnego oraz zastosowania w tym celu laserowej obróbki powierzchniowej. Cały rozdział drugi jest podzielony na trzy części. W pierwszej Doktorantka dokonuje w sposób bardzo syntetyczny opisu różnych gatunków żeliw pod kątem ich właściwości oraz zastosowań. Następnie w części drugiej Autorka nakreśliła obecny stan wiedzy dotyczący laserowej obróbki powierzchniowej. Nie zabrakło tam opisu mechanizmów i modeli podstawowych zjawisk fizyko-chemicznych zachodzących w różnych odmianach tej metody. Część trzecia omawianego rozdziału to z kolei przekrojowy opis obróbki powierzchni żeliw w aspekcie zastosowań technologii laserowych. Pod koniec rozdziału 2., na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury, Doktorantka formuje tezę rozprawy:

„Proces laserowego stopowania powierzchni żeliwa sferoidalnego proszkiem tytanu pozwala na wytworzenie metodą in situ jednorodnych warstw wierzchnich o strukturze kompozytowej wzmacnianych cząstkami TiC i TiCN (z możliwością kontrolowania ich morfologii i udziału) i dzięki temu wpływa na wzrost twardości i poprawę odporności na zużycie erozyjne powierzchni żeliwa sferoidalnego”.

Rozdział trzeci Autorka rozpoczyna od wyznaczenia celów pracy, poznawczego oraz użytkowego. Wytaczają one kierunki prac podjętych przez Nią w ramach niniejszej dysertacji. W tym samym rozdziale opisała zagadnienia związane z przygotowaniem próbek i całą metodologią badawczą, jak również zaprezentowała uzyskane wyniki przeprowadzonych analiz i testów. Rozdział czwarty Doktorantka przeznaczyła na podsumowanie dysertacji, natomiast w rozdziale 5. przedstawiła wnioski, które wyciągnęła na podstawie zrealizowanych badań jak i analizy uzyskanych wyników.

Bibliografia dysertacji mgr inż. Aleksandry Lont obejmuje 197 pozycji, wśród których można wyróżnić:

- 16 prac, których Doktorantka jest współautorką (w większości pierwszą oraz, co należy podkreślić, 3 z nich to artykuły z listy JCR a kolejne 3 są indeksowane w bazie Web of Science);

- zdecydowana większość cytowanych artykułów pochodzi z czasopism, które mają wysoki współczynnik wpływu jak również posiadają uznaną pozycję w międzynarodowym środowisku naukowym;
- Doktorantka odpowiednio wyważyła proporcje pomiędzy pracami fundamentalnymi (klasycznymi dla opisywanych zagadnień) a aktualną literaturą (artykuły młodsze niż 5 lat, których jest 56);
- również istotny jest fakt, że Autorka w wielu przypadkach sięga po dorobek badaczy z Alma Mater oraz pracowników naukowych polskich uczelni (54 pozycje).

2. Tematyka rozprawy i problem badawczy

Podjęta w niniejszej rozprawie tematyka jest ściśle związana z możliwością poprawy właściwości użytkowych warstw wierzchnich odlewów z żeliwa sferoidalnego. Drugim aspektem jest zastosowanie stopowania laserowego jako metody dającej sposobność kształtowania warstw wierzchnich wyrobów z takiego rodzaju materiałów. Jest to związane z niezwykle szerokim spektrum zastosowań żeliw w wielu gałęziach przemysłu.

Kierunki rozwoju wielu wyrobów i elementów maszyn zasadniczo związane są ze zwiększeniem ich trwałości, wydłużeniem eksploatacji, nawet podczas zwiększenia obciążeń. Ma to prowadzić do zwiększenia niezawodności, wydłużenia czasu bezawaryjnej pracy oraz zmniejszenia ilości napraw a w konsekwencji do zwiększenia zysku.

Powyższe cele można osiągnąć poprzez zastosowanie nowych materiałów, jednak jest to dość skomplikowane, ponieważ wymaga długotrwałych i kosztownych analiz ich pracy w środowisku eksploatacyjnym. Innym sposobem jest modyfikacja warstwy wierzchniej materiałów, które są stosowane dotychczas. Takie rozwiązanie również wymaga badań i analiz, jednak zarówno czas ich przeprowadzenia oraz koszty są niższe, niż w pierwszym przypadku.

W niniejszej rozprawie postawiony przez Doktorantkę problem badawczy dotyczył właśnie modyfikacji warstwy wierzchniej żeliwa sferoidalnego poprzez stopowanie laserowe oraz określenia wpływu tej technologii na zmianę struktury

i właściwości użytkowych. Podstawową przesłanką do zajęcia się tą tematyką były szerokie możliwości wpływu na kształtowanie struktury stopowanych materiałów a przez to na właściwości wyrobów.

Zatem z punktu widzenia walorów naukowych oraz użytkowych należy jednoznacznie uznać, że tematyka przedłożonej do recenzji dysertacji jest ważna oraz aktualna. Spełnia ona wymagania, jakie są stawiane pracom doktorskim, które są realizowane w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa.

3. Analiza i ocena merytoryczna rozprawy

Na podstawie merytorycznej analizy zakresu jak i treści przedłożonej rozprawy należy jednoznacznie stwierdzić, że wpisuje się ona w dyscyplinę naukową Inżynieria Materiałowa. Dysertację Pani mgr inż. Aleksandry Lont uważam za interesującą oraz wartościową zarówno pod względem naukowym jak również utylitarnym. Doktorantka prawidłowo zrealizowała założone zadania badawcze, zaplanowała i przeprowadziła szeroko zakrojone eksperymenty, które można podzielić na badania podstawowe oraz testy umożliwiające wyznaczenie właściwości użytkowych.

W niniejszej pracy należy podkreślić to, że Autorka nie ograniczyła się tylko do stopowania laserowego (które nawiasem mówiąc przeprowadziła w osłonie argonu oraz azotu) ale również wykonała tzw. próby porównawcze. Były to próbki poddane przetapianiu laserowemu, również w osłonie powyżej wspomnianych gazów. Zaproponowane i przeprowadzone przez Doktorantkę badania, które miały zweryfikować możliwość zastosowania stopowania jak i przetapiania laserowego powierzchni żeliwa sferoidalnego, jednoznacznie potwierdziły założoną tezę rozprawy. Autorka właściwie zinterpretowała uzyskane na ich podstawie wyniki oraz sformułowała poprawne wnioski.

Za najważniejsze osiągnięcie Doktorantki uważam logiczne i wewnętrznie spójne powiązanie wyników pogłębionych badań materiałowych (m.in. wysokorozdzielczą mikroskopię transmisyjną – HRTEM, skaningowo-transmisyjną mikroskopię elektronową – STEM, analizę dyfraktogramów SAED) z rezultatami uzyskanymi w testach odporności na zużycie erozyjne. Jest to najbardziej widoczne podczas opisywania mechanizmów zużycia dla różnych wariantów pro-

wadzonej laserowej obróbki powierzchniowej żeliwa. Świadczy to o interdyscyplinarnym podejściu Pani mgr inż. Aleksandry Lont do omawianych zagadnień. Łączy ono dwa punkty widzenia: inżynierię materiałową oraz inżynierię mechaniczną.

4. Uwagi krytyczne oraz sugestie

Recenzowana rozprawa została przygotowana z dużą starannością oraz poprawnie pod względem merytorycznym jak i językowym. Niemniej jednak kilka kwestii poruszonych w dysertacji budzi pewne zastrzeżenia (co jednak nie obniża pozytywnej całościowej oceny rozprawy). Uwagi (czasem pytania) sformułowano w trzech poniższych grupach o charakterze merytorycznym, ogólnym oraz semantycznym.

Uwagi natury merytorycznej:

1. Dyskusyjną kwestią jest porównanie napawania z natryskiwaniem cieplnym (str. 29).
2. Zastosowany do stopowania proszek tytanu został opisany jako produkt handlowy. Zabrakło jednak zdjęcia proszku w celu określenia jego morfologii jak również informacji o jego stanie dostarczenia. Pełnym uzupełnieniem charakterystyki materiału dodatkowego byłaby również analiza rozkładu wielkości ziaren, wykonane przekroje cząstek proszku oraz analiza składu chemicznego i fazowego.
3. Zasadniczo prędkość stopowania powinna być usunięta z tab. 3.4 oraz 3.5, ponieważ nie była ona parametrem zmiennym.
4. Podczas analizy parametrów w tab. 3.4 oraz 3.5 zauważalne jest znacznie mniejsze natężenie podawania proszku w przypadku stopowania laserowego w osłonie azotu. Jak później można porównać między sobą próbki pod kątem rodzaju osłony gazowej, gdy dość istotny parametr, jakim jest ilość podawanego materiału dodatkowego, jest różna?
5. Na str. 73 Autorka zestawiała do porównania ściegi przetapiane laserowo: jeden z nich w osłonie argonu (A7) a drugi w osłonie azotu (N3). Ponieważ te ściegi (zgodnie z tab. 3.6 oraz 3.7) były wykonane z tymi samymi parametrami

trami, to należało się spodziewać porównania próbek o tych samych parametrach, żeby ocenić jedynie wpływ osłony gazowej.

6. Porównując tab. 3.16 z rys. 3.22 można zauważyć brak próbek TiA1, TiA2, TiA3, TiA6 oraz TiA9 w powyższej tabeli.
7. Przeprowadzona przez Autorkę analiza rys. 3.37 nie do końca odpowiada temu, co ten wykres przedstawia. W przypadku próbki przetapianej z parametrami 2000 W i 0,4 m/min zaobserwowano wzrost twardości.
8. Dlaczego badaniom odporności na zużycie erozyjne nie poddano próbek stopowanych laserowo: TiA1, TiA2, TiA3, TiA6 oraz TiA9?

Uwagi natury ogólnej:

1. Doktorantka bardzo często cytuje poz. 13 oraz 15. Są to istotne dzieła, jednak literatura przedmiotu jest dość bogata pod tym względem, szczególnie jeśli chodzi o opracowania młodsze od powyższych.
2. W miejscu opisu stopowania laserowego (str. 24) korzystnym było by dodanie schematu omawianej metody. Podobnie w przypadku napawania laserowego, jedno- i dwustopniowego (str. 29).
3. Rys. 2.11 – w podpisie do rysunku można dodać wyjaśnienie zastosowanych oznaczeń.
4. Oznaczenie żeliw nie jest jednorodne (i zgodne z normą). W przypadku str. 38 jest samo GJL-300, podczas gdy na str. 43 występuje już poprawny zapis EN-GJS-700-2.
5. Na str. 44 Autorka podaje (za literaturą), że węglikoazotki tytanu przewyższają właściwościami zarówno azotki tytanu jak i węgliki tytanu. Jednak podane wartości temperatury topnienia oraz twardości dla węglikoazotków mają nieco niższe wartości niż dla węglików.
6. Czy skład chemiczny materiału podstawowego został określony w badaniach własnych?
7. W jakim celu proszek tytanu był suszony przed stopowaniem laserowym w temperaturze 50 °C?
8. Podczas analizy parametrów w tab. 3.6 oraz 3.7 zauważono znaczny przeskok energii liniowej od wartości 600 J/mm aż do 1200 J/mm. Czy Autorka lub zespół współpracowników przeprowadzili jakieś badania pilotujące,

- które wykazały, że w tym zakresie energii liniowej nie uda się uzyskać dobrych właściwości?
9. Opis preparatyki zglądów metalograficznych zrodził pytanie dotyczące tego, czy po szlifowaniu na papierze o gradacji 2500 od razu próbki zostały poddane polerowaniu z zawiesiną SiO₂ o tak małej ziarnistości (0,15 μm)?
 10. Podpis pod rys. 3.5 wskazuje, że schemat został zaczerpnięty z literatury. Dlaczego Autorka nie wstawiła schematu własnego stanowiska, na którym prowadziła badania?
 11. Na str. 61 Doktorantka wyjaśniła, że zaobserwowane pęknięcia w przypadku ściegów przetapianych laserową są efektem braku podgrzewania wstępnego. Czy następnie dodano ten etap do procesu przygotowania próbek czy jednak wszystkie próbki przetapiane laserowo były wykonane bez podgrzewania wstępnego?
 12. Wyniki parametrów geometrycznych uzyskanych ściegów, jak również poziom stężenia tytanu i średni udział wydzielen są podane w formie tabel. Nasuwa się pytanie o zróżnicowaną dokładność pomiędzy wartością średnią a wartością odchylenia standardowego. Czy nie powinny one być takie same?
 13. We wnioskach brak jest klasycznego podziału na wnioski o charakterze poznawczym oraz użytkowym.

Uwagi natury semantycznej:

1. Na str. 7 Doktorantka porównuje żeliwa do stali. Czy bardziej adekwatnym materiałem do charakterystyki porównawczej nie powinny być staliwa?
2. Na str. 16 zostało użyte sformułowanie „właściwości antyzmęczeniowe”. Zwykle stosuje się określenie „zwiększonej wytrzymałości zmęczeniowej”.
3. Na str. 18 zostało użyte sformułowanie „piaskowanie”. Jest to określenie raczej warsztatowe. Inżyniersko określa się je jako obróbkę strumieniowo-ścierną.
4. Na str. 38 zostało użyte sformułowanie „badanie tribologiczne block-on-ring”. Prawdopodobnie zabrakło słowa „metodą”. Można też zastosować polskie określenie: *węzeł tarcia typu rolka-klocek*.
5. W podpisie do rys. 3.35 zabrakło wyjaśnienia czym jest (a) a czym (b).

Wniosek końcowy

Należy zdecydowanie podkreślić, że zawarte w mojej recenzji uwagi oraz sugestie nie wpływają na holistyczną ocenę rozprawy doktorskiej, która jest jednoznacznie pozytywna. Teza została potwierdzona a cele, zarówno poznawcze jak i utylitarne, osiągnięte.

Analizując kompleksowo przedłożoną do recenzji dysertację wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Aleksandry Lont. Argumentuję to bardzo wysokim poziomem prowadzonych badań, kompleksowym ich ujęciem oraz biegłością i dociekliwością Autorki w interpretacji uzyskanych wyników. Ponadto potwierdzeniem bardzo dobrego warsztatu badawczego Doktorantki jest uzyskany przez nią sumaryczny współczynnik wpływu IF = 11.206.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska **mgr inż. Aleksandry Lont, pt. „Kształtowanie struktury i właściwości użytkowych warstw wierzchnich odlewów z żeliwa sferoidalnego w procesie stopowania laserowego”** spełnia wymogi stawiane pracom na stopień doktora nauk inżynieryjno-technicznych, w rozumieniu art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, Dz. U. nr 65, poz. 595 (z późniejszymi zmianami) oraz ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018, poz. 1668). Wnioskuje zatem o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Lont pod publiczną dyskusję jak również procedowanie kolejnych etapów w zakresie ubiegania się przez Doktorantkę o stopień naukowy doktora nauk inżynieryjno-technicznych.

