

Imię i nazwisko recenzenta:

Grzegorz MOSKAL

Dane adresowe:

41-70 Ruda Śląska

ul. Łąkowa 22

10.10.2024, Katowice

(data i miejsce)

Recenzja pracy doktorskiej

Bartosz TERLECKI

pod tytułem „Niejednorodność orientacji mikrostruktury w monokrystalicznych odlewach CMSX-4 i CMSX-6”

przygotowanej pod kierunkiem:

Dr hab. Włodzimierza BOGDANOWICZA

1. Podstawa opracowania

Recenzja została wykonana na zlecenie Rady Naukowej Instytutu Inżynierii Materiałowej Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach uchwałą nr RN_IIM/12/2024 z dnia 09 lipca 2024r.

Podstawa prawna art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (z późn. zm.)

Opinia dotycząca przedmiotowej rozprawy doktorskiej zawiera trzy elementy:

- 1) Ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie inżynieria materiałowa;

Zdaniem Recenzenta, Doktorant wykazał głęboką wiedzę w zakresie dyscypliny inżynieria materiałowa, ze szczególnym naciskiem na obszar nauki o materiałach i problematyki zagadnień krystalografii nadstopów na bazie niklu. Wiedza to obejmowała kwestię szczegółowych i bardzo subtelnych badań strukturalnych z użyciem zaawansowanych metod badawczych, w tym zwłaszcza dyfrakcyjnej topografii rentgenowskiej, mapowania orientacji czy też metody Laue. Umiejętnie posługuje się również standardowymi metodami badawczymi mikroskopii skaningowej i transmisyjnej, w tym zaawansowanych technik takich jak analizy EBSD. Zastosowana przez Doktoranta metodyka badawcza stanowi najsilniejszą stronę ocenianej dysertacji doktorskiej.

Rozpatrując kwestię oceny wiedzy teoretycznej Doktoranta w zakresie „materiałowym i technologicznym” należy stwierdzić, że jest to Jego słabsza strona, aczkolwiek na wystarczającym poziomie pozwalającym na pozytywną ocenę. Znalazło to odzwierciedlenie w postaci dosyć pobieżnym opisie tych zagadnień w części teoretycznej dysertacji, w przeciwieństwie do bogatego i kompleksowego opisu metodyki badań. W części literaturowej brakuje bowiem odniesień do wyników badań publikowanych w czasopismach i obejmujących zagadnienia obejmujące kwestie szeroko pojętych zależności krystalograficznych w nadstopach różnego typu. Można wręcz odnieść wrażenie, że doktorant porusza to zagadnienie jako pierwszy. Brak jest również danych dotyczących różnic w

morfologii fazy γ' , które wynikają np. ze stopnia niedopasowania sieciowego (będącego funkcją składu chemicznego) czy też prędkości chłodzenia podczas procesu krystalizacji lub obróbki cieplnej. **Z całą stanowczością należy jednak stwierdzić, iż mgr inż. Bartosz TERLECKI zasługuje na w pełni pozytywną ocenę w zakresie oceny Jego ogólnej wiedzy w obszarze inżynierii materiałowej.**

Szczegółowy opis kwestii dyskusyjnych zawartych w dysertacji przedstawiony zostanie w punkcie 2 niniejszej Recenzji.

2) Ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta ubiegającego się o nadanie stopnia doktora; Ocena kwestii dotyczącej umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta tzn. doboru i analizy zagadnienia badawczego, umiejętności zidentyfikowania obszarów nowych lub dyskusyjnych z punktu widzenia naukowej interpretacji, określenia celu prowadzonych badań i zastosowanej metodyki badawczej oraz umiejętności analizy uzyskanych wyników oraz formułowania wniosków, bazuje głównie na analizie przedstawionej do oceny dysertacji. W tejże mgr inż. Bartosz Terlecki przedstawił problem badawczy dotyczący badania i analizy niejednorodności orientacji krystalicznej łopatek monokrystalicznych wykonanych ze stopów CMSX-6 oraz CMSX-4, czyli materiałów zaliczanych do odpowiednio I i II generacji monokrystalicznych nadstopów niklu, jak również analizy struktury dendrytycznej oraz fazowej w układzie faz γ/γ' . Motywacją tych działań naukowych była chęć porównania tych kwestii strukturalnych w zamkach łopatek wykonanych z tych nadstopów i oceny, na tej podstawie, skłonności tych stopów do zarodkowania i propagacji pęknięć. Dobór zagadnienia badawczego był bardzo ambitnym zadaniem, jednakże rozpatrując kontekstowo to zagadnienie, Instytut Inżynierii Materiałowej UŚ jest jednostką naukową o najlepszym przygotowaniu merytorycznym w tym obszarze. Świadczą o tym liczne doktoraty realizowane i z sukcesem obronione w tej jednostce w ostatnich latach. Sama analiza zagadnienia, identyfikacja obszarów nierozpoznanych i dyskusyjnych (wraz z tezą pracy) jest istotną słabością ocenianej dysertacji.

Bezdyskusyjnie najmocniejszym elementem pracy jest metodyka badań, zawierające bardzo zaawansowane narzędzie, wymagające głębokiej wiedzy w zakresie nauki o materiałach. Luką w tym obszarze jest natomiast brak analiz opartych na analizie obrazu. Opis morfologiczny fazy γ' stanowi bowiem bardzo istotną część pracy doktorskiej i jest podstawą wyciąganych wniosków końcowych. Dotyczy to w szczególności opisu morfologii fazy γ' , którą wykonano na podstawie kryteriów jakościowych, tymczasem należało to zrobić w oparciu o odpowiednie wskaźniki kształtu. Tymczasem Doktorant posłużył się dość trywialnym podejściem do tego zagadnienia.

Jednakże, z całą stanowczością należy ponownie stwierdzić, iż mgr inż. Bartosz TERLECKI zasługuje na w pełni pozytywną ocenę w omawianym kryterium oceny.

Szczegółowy opis kwestii dyskusyjnych zawartych w dysertacji przedstawiony zostanie w punkcie 2 niniejszej Recenzji.

3) Ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Kwestia powyższa, zawsze stanowi najtrudniejszą część recenzji dysertacji doktorskiej. Żeby na nią odpowiedzieć w sposób rzetelny należy odnieść się w pierwszej kolejności do podjętej tematyki badań i tezy badawczej. Zdaniem Recenzenta, samo zagadnienie poruszane w niniejszej dysertacji jest

bardzo interesujące z punktu widzenia naukowego, a przede wszystkim ukazania możliwości analitycznych specyficznych i bardzo zaawansowanych metodycznie procedur badań strukturalnych. Ze strony materiałowo-technologicznej jest jednakże zdecydowanie gorzej. Brak jest informacji na temat rozwoju składu chemicznego nadstopów typu S.C., z których przecież jasno wynika, że stop CMSX-4 posiada ok. 6 % wolframu i 3 % renu, a nadstopy kolejnych generacji wcale nie wykazują zwiększonej ilości wolframu w swym składzie. Wręcz udział W maleje. Natomiast zawartość renu rośnie do ok. 6,5 %. Kolejną problematyczną sprawą jest analiza porównawcza obu badanych zamków łopatek z punktu widzenia strukturalnego. Brak jest w dysertacji komentarza o zasadniczym charakterze, czyli co z tego wynika, który z tych materiałów jest lepszy itp.

Ocenę oryginalności rozwiązania należałoby również analizować z punktu widzenia wyników badań publikowanych przez innych badaczy. W części literaturowej brak jest tego typu analiz, co jest istotnym mankamentem pracy.

Sumując jednak wszystkie za i przeciw, należy stwierdzić, że przedstawiona pracy wykazuje elementy oryginalności związane przede wszystkim z analizą struktury stopów w oparciu o zaawansowanej metody rentgenografii strukturalnej, w tym dyfrakcyjnej topografii rentgenowskiej, stanowiącej narzędzie analityczne z najwyższej półki naukowej. **Dlatego też stwierdzam, że mgr inż. Bartosz TERLECKI zasługuje na pozytywną ocenę w odniesieniu do tego kryterium oceny.**

2. Charakterystyka i opis rozprawy

Przedstawiona do oceny praca spełnia wymagania związane z zaliczeniem jej do prac naukowych z obszaru inżynierii materiałowej (ulożonej w zagadnieniach dotyczących zaawansowanej nauki o materiałach). Co do tego nie ma żadnych wątpliwości.

Z punktu widzenia formalnego praca spełnia wszystkie wymagania, zarówno co do poprawności jej struktury, poprawności użytego języka, kolejności rozdziałów, jakości rysunków i zdjęć itp. zagadnień. Problematyczną kwestią jest „barokowy” charakter ornamentyki zastosowanej przez Doktoranta, a zwłaszcza forma wydruku na kredowym papierze oraz gabarycie i masie woluminu zbliżonego do prac średniowiecznych benedyktynów.

Analiza źródeł literaturowych budzi pewne wątpliwości, co do ich poprawnego wyboru. Wynika to z faktu, że duża część wykorzystanych przez Doktoranta została opublikowana przed Jego narodzeniem i to dość dawno przed tą chwilą.

Konsekwencją takiego doboru literatury była bardzo dobra część metodyczna i słaba część dotycząca charakterystyki problemu badawczego, co znalazło również wydzwięk w umiarkowanie trafnej tezie pracy oraz zestawieniu celów badawczych, które Doktorant zamierzał osiągnąć.

Z punktu widzenia merytorycznej oceny treści zawartych w pracy, zagadnienia dotyczące badań niejednorodności orientacji sieci krystalicznej można zaliczyć do wyjątkowo dobrych. Samo w sobie nie jest to żadnym zaskoczeniem, biorąc pod uwagę doświadczenie i dorobek Promotora.

Pewne uwagi można mieć w kwestii badań dotyczących badań porównawczych mikrostruktury stopów bazującej na układzie faz osnowy i umacniającej. Przeprowadzone badania morfologii wydzieleni miały charakter dość pobieżny i można je było wykonać zdecydowanie lepiej. Należy to wymienić przede wszystkim brak zaawansowanych kryteriów oceny ilościowej morfologii fazy γ' . Nieco to dziwi, zwłaszcza jeżeli weźmiemy pod uwagę dostępność prac Prof. Jana Cwajny, które to dotyczył właśnie oceny morfologii tej fazy z użyciem metod analizy obrazu (A. Szczotok). Doktorant nie wziął pod

uwagę, a przynajmniej tego nie zanotowałem podczas analizy dysertacji, kwestii związanych z prędkością chłodzenia w procesie krystalizacji lub obróbki cieplnej, co ma zasadniczy wpływ na różnice morfologiczne w różnych obszarach struktury dendrytycznej.

Podobne uwagi można odnieść również do badań dendrytów. Mają one charakter bardziej oceny jakościowej niż ilościowej. I tu również brakuje badań z użyciem zaawansowanych procedur analizy obrazu.

Dyskusyjne są również wyniki badań SEM/EDS i dość istotne konkluzje, które są ich wynikiem. Bazując na rozkładach powierzchniowych poszczególnych składników raczej nie powinno się konkludować pewnych obserwacji z tak dużym naciskiem. Sytuację ratuje nieco wprowadzenie wyników badań składu chemicznego w sposób ilościowy, bazujących na wynikach badań TEM. Choć z drugiej strony metodę tę zastosowano również do badań morfologii wydzieleni fazy γ' , z dość powierzchowną interpretacją.

Podsumowanie i wnioski stanowią jedynie powtórzenie wyników badań, które skomentowano w poszczególnych rozdziałach. Zabrakło szerszego spojrzenia na uzyskane wyniki, co wynika z braku wspomnianej wcześniej analizy literatury problemu. Ilość wniosków jest również imponująca i niepotrzebna. Wystarczy 5 ale konkretnych. Świadczyć to może o „zgubieniu” przez Doktoranta głównej idei badań.

Zdaniem Recenzenta Doktorant powinien ustosunkować się do kilku kwestii merytorycznych związanych z pracą:

- 1. Jaka jest rola jednorodności strukturalnej w obszarze zamka z punktu widzenia bezpiecznej aplikacji łopatek monokrystalicznych w rzeczywistych warunkach pracy?**
- 2. Który z badanych materiałów jest „lepszy” z punktu widzenia ich zastosowania?**
- 3. Jakie zabiegi technologiczne można zastosować, aby zniwelować niekorzystne efekty strukturalne w obrębie zamków łopatek?**
- 4. Jakie kryterialne parametry stereologiczne służą do oceny morfologii wydzieleni fazy γ' ?**

3. Wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki określonej w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (z późn.zm.) i wnioskuję o jej dopuszczenie do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

.....
(podpis recenzenta)