

Warszawa, 31.03.2016 r.

Prof. dr hab. inż. Tadeusz Wierzchoń
Politechnika Warszawska
Wydział Inżynierii Materiałowej
ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Łukasza Komendera pt. „Wpływ procesów technologicznych aluminiowania na mikrostrukturę oraz wybrane właściwości powłok dyfuzyjnych otrzymywanych na łopatkach turbiny wytwarzanych z krystalizowanych kierunkowo stopów niklu”.

Podstawa: pismo Prodziekana ds. Nauki Wydziału Inżynierii Materiałowej i Metalurgii prof. dr hab. inż. Janusza Szali nr RM-117/2015/2016 z dnia 11.02.2016 r.

Tematyka rozprawy jest aktualna, dotyczy bowiem zastosowania metod inżynierii powierzchni w zwiększeniu odporności stopów niklu na korozję wysokotemperaturową, w szczególności utleniania w aspekcie zastosowań na elementy silników lotniczych. W tym celu z jednej strony stosowane są różne obróbki powierzchniowe jak m.in. natryskiwanie cieplne, aluminiowanie metodami CVD w połączeniu z obróbką cieplną, technologie hybrydowe łączące np. metody PVD z obróbkami elektrochemiczną, czy też cieplno-chemicznymi, z drugiej zaś strony stosowanie stopów niklu o różnym składzie chemicznym i strukturze w aspekcie poprawy ich właściwości użytkowych.

W rozprawie zastosowano oba te kierunki, tj. do badań użyto stop niklu Rene 108DS krystalizowany kierunkowo, co zwiększa jego wytrzymałość zmęczeniową i odporność na korozję oraz dwie metody obróbki powierzchniowej – wprawdzie znane i stosowane od wielu lat – tj. procesy aluminiowania metodą kontaktowo-gazową („pack cementation”) i jej modyfikację tzw. metodę gazową bezkontaktową (określoną w pracy jako „out of pack”). Dobór stopu niklu w aspekcie zastosowań jako materiału konstrukcyjnego na łopatki turbin lotniczych jest właściwy, co mgr inż. Łukasz Komender uzasadnił w oparciu o dane literaturowe i dotychczasowe prace w tej tematyce realizowane w zespole badawczym prof.

Lucjana Swadźby – promotora rozprawy, a także procesy technologiczne stosowane obecnie w firmie Avio Polska Sp. z o.o. (str. 38 i 39).

Recenzowana rozprawa doktorska (108 stron maszynopisu z rysunkami i wykazem danych bibliograficznych) jest opracowana w oparciu o przegląd literaturowy obejmujący 75 pozycji, w którym niestety zbyt ogólnikowo przedstawiono dane dotyczące zastosowania tzw. technologii hybrydowych, szeroko badanych w kształtowaniu właściwości łopatek turbin wykonanych ze stopów niklu.

Rozprawa doktorska napisana jest w sposób klasyczny tj. po przeglądzie literaturowym dotyczącym stanu zagadnienia w zakresie zastosowania stopów niklu w silnikach lotniczych, omówienia ich właściwości, w szczególności stopów krystalizowanych kierunkowo, zaprezentowane są – niestety zbyt ogólnikowo - procesy wytwarzania powłok żaroodpornych, ze szczególnym zwróceniem uwagi na użyte w pracy metody kontaktowo-gazową („pack cementation”) i gazową bezkontaktową („out of pack”) oraz metodę aluminiowania w procesie CVD z omówieniem konstrukcji urządzeń do jej realizacji.

W oparciu o podsumowanie części literaturowej Autor przedstawił cel pracy ukierunkowany na wytworzenie warstw aluminidków niklu na stopie niklu Rene 108DS metodami kontaktowo-gazową i gazową - bezkontaktową, spełniających obowiązujące normy w zastosowaniach w silnikach lotniczych w zależności(cytowanie) „ od ilości części aktywnej i składu chemicznego materiału powłokotwórczego” – określenia te zawarte w tezie pracy – str. 36 – wymagają sprecyzowania. Zakres pracy – zgodnie z przyjętą, w dużej mierze oczywistą tezą pracy – obejmował wytworzenie dyfuzyjnych warstw aluminidków niklu, badanie ich struktury, składu fazowego i chemicznego, oraz badania odporności na utlenianie w temperaturze 1100°C i właściwości mechanicznych. Zastosowana metodyka badań nie budzi zastrzeżeń.

Uzyskane wyniki badań mają duże znaczenie poznawcze i aplikacyjne, bowiem wykazano w pracy, że wytwarzane dyfuzyjne warstwy aluminidków niklu w warunkach technologicznych - opracowanych w rozprawie doktorskiej - poprawiają żaroodporność stopu niklu Rene 108DS, także w testach porównawczych z obecnie stosowaną w firmie Avio Polska Sp. z o.o. technologią przemysłową gwarantując wzrost odporności na zarówno cykliczne, jak i izotermiczne utlenianie w powietrzu, szczególnie w przypadku zastosowania metody gazowej- bezkontaktowej w 23 godzinnych cyklach utleniania w temperaturze 1100oC (str. 101).

Interpretacja uzyskanych wyników jest poprawna. Autor zrealizował cel pracy i udowodnił postawioną tezę, aczkolwiek jak już wcześniej wspomniałem jest ona niezbyt precyzyjna.

Oceniając pozytywnie pracę wskazuję jednak kilka uwag i pytań, bowiem recenzowana rozprawa doktorska zawiera szereg drobnych nieścisłości, a niektóre z określeń wymagają uściśleń lub wyjaśnień:

- str. 27 – opis przebiegu reakcji chemicznych w procesie aluminiowania metodą gazową bezkontaktową zawiera szereg nieprecyzyjnych stwierdzeń typu: „chlorki mają lekko kwaśny odczyn”, „zaczynają parować poprzez proszek”, „aluminidek niklu dyfunduje w głąb elementu” itp. Czy aktywatorem procesu mogą być też borki?
- str. 36 – określenie: „ilość części aktywnej i składu chemicznego materiału powłokotwórczego” wymaga sprecyzowania m.in. wskazanie składu chemicznego tzw. części aktywnej TiAl.
 - jaki odczynnik stosowano w trawieniu chemicznym warstw aluminidkowych na stopie Rene 108DS?
 - jak należy rozumieć czas trwania procesów określany jako: ok. 4-8h dla metody kontaktowo-gazowej (str. 38) i 2-8h dla metody bezkontaktowej?
- str. 46-61 – czy dyfuzyjne warstwy aluminidków niklu zawierają tylko fazę międzymetaliczną β -NiAl (rys. 31, str. 52)?
 - jaka jest topografia powierzchni po wytworzeniu warstw aluminidkowych w obu procesach?

W pracy – niestety – występują także nieścisłości terminologiczne typu: „składnik budowy” (str. 7), „nakładanie galwaniczne”, „aluminizacja (str. 13), „aktywne proszki Al, Cr, Si...”- jakie? (str. 24), „kierunek dyfuzji określony jest przez aktywność procesu” ? (str. 25), jak również korektorskie np. „He₂” (str. 43), „ces” (str. 16), „Pol. Śl.”

Chcę zaznaczyć jednak, że powyższe uwagi nie wpływają na moją pozytywną ocenę wartości merytorycznej pracy, ogólnej prawidłowości badań i zastosowanych technik badawczych. Należy je traktować w dużej mierze jako uwagi, których uwzględnienie może pomóc mgr inż. Łukaszowi Komenderowi w dalszej pracy naukowej, czy też w przygotowaniu publikacji.

W podsumowaniu mojej oceny rozprawy doktorskiej stwierdzam, że mgr inż. Łukasz Komender otrzymał w swojej pracy oryginalne wyniki badań, wykazał się umiejętnością

stosowania różnych technik badawczych, planowania eksperymentów i analizą uzyskanych wyników.

Stwierdzam, że recenzowana praca spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim, określone ustawą o stopniach i tytułach naukowych. Wniosuję zatem o dopuszczenie mgr inż. Łukasza Komendera do publicznej obrony Jego rozprawy doktorskiej na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej w Katowicach.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Maur', is located in the lower right quadrant of the page.