



---

30-059 Kraków, ul. Reymonta 25, Tel: (48)(12) 637-42-00 , Fax: (48)(12) 637-21-92

prof. Jerzy Morgiel

Kraków, 2018-11-20

Recenzja

pracy doktorskiej mgr inż. Joanny Lipeckiej

pt.: „*Phenomenon of melting point depression in Al-Si/AlN nano-multilayer system and its application in joining of ultrafine-grained aluminium alloys*”

Praca doktorska mgr Joanny Lipeckiej była nakierowana na ocenę możliwości wykorzystania zjawiska obniżenia temperatury topnienia nanokrystalitów do łączenia materiałów, których własności mechaniczne ulegają szybkiej degradacji w podwyższonych temperaturach, tj. tak, jak ultra-drobnokrystalicznych stopów aluminium uzyskanych techniką HPT. Obecnie ich połączenia strukturalne mogą być praktycznie realizowane albo na drodze połączeń mechanicznych, albo poprzez klejenie. Pierwsza z tych dróg oznacza zwykle wzrost masy tak wytworzonego elementu, a druga wymusza uwzględnienie kruchości złącza. Podjęcie próby znalezienia alternatywnej metody wytwarzania takiego połączenia, w którym wyeliminowane zostałyby wymienione niedogodności powoduje, że praca ta nosi cechy nowatorstwa, wymaganego od takich opracowań.

We wprowadzeniu do pracy doktorantka scharakteryzowała stan wiedzy z zakresu ultra-drobnokrystalicznych stopów aluminium oraz zjawisko obniżenia temperatury topnienia wraz z obniżeniem wielkości mikro- i nanokrystalitów, jak też odniosła się do kwestii wytwarzania tych ostatnich na drodze nanoszenia wielowarstw. Wszystkie trzy wątki miały istotny wkład w planowanie opisanych eksperymentów i ich obecność we wstępie jest w pełni uzasadniona. Zastrzeżenie może jedynie budzić niepotrzebne, zbyt szerokie omawianie własności mechanicznych stopów aluminium poddanych obróbce metodami ECAP-HPT, gdyż np. Rys. 2, 3, czy też Rys. 4 nie mają bezpośredniego przełożenia ani na ukierunkowanie czytelnika na tezy pracy, ani na dyskusję uzyskanych wyników (kwestie maksymalnej dopuszczalnej ekspozycji termicznej dla omawianych stopów zamyka dobrze dobrany Rys. 5). Tym niemniej, w tej części pracy doktorantka właściwie wyszczególniła najważniejsze braki w stanie wiedzy, co pozwoliło jej na jasne przedstawienie motywacji oraz wyszczególnienie celów pracy.

Opis eksperymentu, rozpoczyna wyważona, krótka charakterystyka wykorzystanych w pracy materiałów oraz metod charakterystyki mikrostruktury. Zaplanowanie, jako podstawowych metod badawczych, spektroskopii elektronów Auger'a (AES), skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) oraz transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM/HREM) wydaje się słuszne, gdyż są one dostosowane do skali analizowanych obiektów oraz otwierają możliwość wzajemnej weryfikacji wyników. W tym aspekcie szkoda, że autorka wykazała pewien brak konsekwencji prezentując jedynie dwa profile AES (z punktu widzenia metodyki bardzo ciekawe mogło by być ich porównanie z profilami TEM/EDS, ale tych ostatnich niestety w pracy brak). Z kolei dokumentacja SEM oraz TEM uwzględnia wszystkie elementy zaplanowanego eksperymentu i poprzez swoją komplementarność daje bardzo dobry wgląd w uzyskane wyniki. Prezentacje wyników kończy - zgodnie z oczekiwaniami - opis prób spajania oraz analiza mikrostruktury złącz dających dobry wgląd w przyczyny ich słabej jakości.

W dyskusji wyników oraz przy formułowaniu wniosków autorka odniosła się jedynie do głównych wątków pracy, co uważam za właściwe. Pomocne w zrozumieniu wyników pracy jest z pewnością rozdzielenie procesów zachodzących w czasie grzania wielowarstw na etapy wraz z ich graficzną prezentacją. Wnioski związane z rejestrowanym obniżeniem temperatury topnienia warstw aluminiowych autorka postarała się odnieść do najważniejszych cech mikrostruktury wielowarstw wskazując na główne mechanizmy wpływające na temperaturę topnienia materiałów w takich układach. Szkoda jednak, że w pracy praktycznie pominięta została kwestia wymieszania składników wielowarstw w ich granicach, co zawsze występuje przy korzystaniu z osadzania z wykorzystaniem rozpylania (zjawisko to ma swoją szeroką dokumentację w literaturze światowej, a w tym pracą doktorską Ł. Maj 2018 IMIM PAN Kraków). Drugim problemem jest dość swobodne klasyfikowanie granic międzywarstwowych Al/AlN jako koherentne. Na podstawie krótkich odcinków granicy widocznego na niektórych obrazach uzyskanych techniką HREM można wnioskować co najwyżej o zachowaniu lokalnej koherencji (nie ma też mowy o wzroście epitaksjalnym, tak jak to stwierdzono na str. 87). W kilku miejscach autorka, chcąc dowieść swojego stanowiska, zaczęła prowadzić dyskusję na zbyt szczegółowym poziomie (np. str. 93, akapit 2), co jednak nie zdarzało się zbyt często i nie zaciemniło ogólnego przekazu.

Strona edytorska pracy, która zredagowana została z zachowaniem klasycznego dla tego typu opracowań podziału, nie tylko nie budzi zastrzeżeń, ale wręcz nadaje jej tak pożądany przejrzysty charakter. Z pomniejszych uwag należy zaznaczyć, że pojawienie się na rysunkach strzałek wyróżniających jego niektóre elementy wymaga ich opisu nie tylko w tekście, ale również w podpisie pod rysunkiem (a tego brak, np. na rys. 49). Podobnie, po rozróżnieniu rysunków literami alfabetu należą im się odpowiednie podpisy (brak ich pod rys. 47, ale występują na rys. 49). Wybór języka angielskiego bardzo promuje całą pracę w środowisku, ale też stawia odpowiednio wyższe wymagania. Trzeba przyznać, że pomimo dopuszczenia do kilku niezbyt szczęśliwych zwrotów (uwagi te przekazano ustnie) generalnie autorka sprostała jednak postawionemu zadaniu.

W podsumowaniu pragnę stwierdzić, że w świetle zaprezentowanego przeglądu literatury oraz uzyskanych przez autorkę wyników, w mojej ocenie podjęcie próby łączenia ultradrobnokrystalicznych stopów aluminium z wykorzystaniem wielowarstw Al/AlN miało sens, a brak pozytywnego rezultatu należy przyjąć jako zawsze możliwy przy wychodzeniu poza obszar już znany nauce. Wysoki poziom nadają pracy przede wszystkim dopełniające się wyniki badań prowadzone z wykorzystaniem mikroskopii skaningowej i transmisyjnej, a w tym wysokorozdzielcze obserwacje mikrostruktury wielowarstw.

Dlatego też, całość oceniam zdecydowanie pozytywnie i stwierdzam, że praca mgr inż. Joanny Lipeckiej spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Tym samym kieruję do Rady Wydziału Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej wniosek o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Wójcik'.