

Instytut Nauki o Materiałach, Uniwersytet Śląski

ul. 75 Pułku Piechoty 1A, 41-500 Chorzów

tel.: (+48) 501 494 301

e-mail: karolus@us.edu.pl

**Recenzja pracy doktorskiej Pani mgr Elżbiety Gadalińskiej,
pt.: *Micromechanical properties and stresses in two-phase polycrystalline materials
studied using diffraction and self-consistent model.***

Tematyka pracy doktorskiej Pani mgr Elżbiety Gadalińskiej związana jest z określeniem właściwości mikromechanicznych i naprężeń własnych w dwufazowych materiałach polikrystalicznych. Wyniki badań zaprezentowane w pracy, dotyczyły kompozytu *Al/SiC* oraz dwóch rodzajów stali - perlitycznej i stali typu duplex.

Eksperymenty dyfrakcyjne, przeprowadzane były podczas odkształcania materiałów w zależności od materiału – w zakresie sprężystym i plastycznym, przy wykorzystaniu promieniowania neutronowego ($\lambda_{\max} = 7.1 \text{ \AA}$) w Dubnej w Rosji (Frank Laboratory of Neutron Physics, Joint Institute for Nuclear Research - reaktor IBR-2M) (eksperyment szczegółowo opisany w rozdziale 4.1, str. 75) i synchrotronowego ($\lambda = 0.14256 \text{ \AA}$) w Grenoble we Francji (European Synchrotron Radiation Facility, wiązka ID15B) (eksperyment szczegółowo opisany w rozdziale 4.2, str. 83).

Do opisu modeli odkształcania materiałów, Autorka zastosowała jako metody obliczeniowe - model samouzgodniony oraz symulacje metodą elementów skończonych (założenia stosowanych metod opisano w rozdziale 2). Porównanie wyników eksperymentalnych i obliczeniowych pozwoliło na określenie wartości początkowych naprężeń dla badanych faz oraz umożliwiło analizę zmian naprężeń zarówno pierwszego jak i drugiego rzędu podczas obserwowanych odkształceń. Pani mgr Elżbieta Gadalińska wykonała szereg pomiarów, opracowań danych eksperymentalnych i analiz, które prezentuje w kolejnych rozdziałach swojej pracy w postaci wykresów, tabel i obliczeń.

Do realizacji tematu pracy zostały wyznaczone odpowiednie zadania badawcze.

- Kompozyt Al/SiC - po dwóch rodzajach obróbki termicznej - badano z wykorzystaniem promieniowania neutronowego, w wyniku czego określono dla niego rozkład naprężeń pomiędzy fazami osnowy i zbrojenia w stanie wyjściowym oraz podczas testów rozciągania i ściskania kompozytu. Ponadto, dla porównania, wykonano testy dla samej matrycy kompozytu - $Al2124$.
- Stal perlityczną poddano badaniu *in situ* z wykorzystaniem promieniowania synchrotronowego w trakcie testu rozciągania, dzięki czemu określono w materiale naprężenia pierwszego i drugiego rzędu.
- Stal typu duplex również badano z wykorzystaniem promieniowania synchrotronowego. Wyznaczono naprężenia początkowe oraz ewolucję odkształceń sieci krystalicznej w trzech zakresach sprężystości austenitu i ferrytu (sprężystości dla obu faz, plastyczności austenitu i sprężystości ferrytu oraz w zakresie plastyczności obu faz).

Przedstawiona rozprawa, napisana została w języku angielskim, liczy 178 stron i podzielona jest na 8 rozdziałów plus suplement i spis bibliografii zawierający 141 pozycji literaturowych (w większości artykuły z uznanych czasopism o zasięgu międzynarodowym). W pracy zamieszczono 80 rysunków ze schematami i wykresami, 30 tabel - w których Autorka przedstawia parametry charakteryzujące stosowane metody badawcze i obliczeniowe, materiał badań i prezentuje wyniki analiz oraz 117 wzorów, przybliżających stosowane w pracy procedury i obliczenia.

Układ pracy nieznacznie różni się od typowego, w którym zwykle z przeglądu literatury wynika postawiona teza i cel pracy. W tym przypadku, Autorka już na wstępie formułuje tezę a w dalszych rozdziałach opisuje zagadnienia teoretyczne potrzebne do jej realizacji, tj. dotyczące definicji i rodzajów naprężeń własnych, dyfrakcyjnych metod ich pomiarów, opisu mechanizmów odkształceń, umocnień etc (rozd.2). Pomimo tego zabiegu, układ pracy jest klarowny i przejrzysty. Można jednak zauważyć, że rozdział pierwszy zatytułowany „Aktualny stan wiedzy” (*Current Scientific State-of-the-Art*) wprowadzający do tematyki badawczej pracy wydaje się być zbyt lakonicznym. W rozdziale 3 scharakteryzowano materiał badań, tj. kompozyt Al/SiC oraz dwa rodzaje stali - perlityczną i stal typu duplex. W rozdziale 4 zaprezentowano opis stosowanych metodologii badawczych: eksperymentalnej z wykorzystaniem promieniowania neutronowego i synchrotronowego oraz odpowiednich przystawek umożliwiających badania naprężeń podczas procesów

odkształcania. W rozdziałach 5, 6 i 7 przedstawiono odpowiednio wyniki analiz, obliczeń oraz podsumowania dla kolejno badanych materiałów. Całość pracy wieńczy rozdział 8, w którym Autorka formułuje ostateczne wnioski z pracy.

W pracy natomiast brakuje, zamieszanego zazwyczaj, rozdziału typu: „Spis oznaczeń i skrótów” czy też załączników w postaci spisu rysunków i tabel. To ostatnie ułatwiłoby studiowanie pracy. Autorka bowiem stosuje „ciągłą” numerację rysunków i Tabel - bez rozgraniczenia na rozdziały (przykładowo rys. 33 z rozdziału 5, mógłby być oznaczony jako: rys. 5.5).

Śledząc ilość prezentowanych w pracy wyników badań, zastanawiające jest, dlaczego Autorka nie podaje w bibliografii własnych prac? Dorobek naukowy Pani mgr Elżbiety Gadalińskiej, obejmujący 21 publikacji w materiałach i czasopismach o zasięgu międzynarodowym, udział w 15 międzynarodowych konferencjach, realizacja dwóch projektów (w tym jako kierownik projektu PRELUDIUM), jest bardzo bogaty (co zostało szczegółowo opisane w CV Autorki) i m.in. dotyczy zagadnień opisywanych w pracy doktorskiej (publikacje z lat 2016-2017), czemu zatem nie jest on uwzględniony w bibliografii?

Interesującym aspektem pracy byłoby również wskazanie możliwości dalszego wykorzystania stosowanych procedur i otrzymanych wyników badań. Jaki jest praktyczny aspekt pracy?

Stronę merytoryczną pracy, pomimo wspomnianych uwag, oceniam pozytywnie, aczkolwiek Autorka nie ustrzegła się pewnych niedociągnięć i drobnych błędów redakcyjnych, których szczegółowo tutaj nie wymieniam z uwagi na ich małe znaczenie. Tylko dla przykładu, podaję niektóre z nich:

- str.24 – rozdział 2.3.1 rozpoczyna się rys. 5, do którego brak odniesienia czy też komentarza w tekście,
- str. 58 – brak odniesienia w tekście do Tabeli 5,
- str. 82 – rys.25d jest umieszczony bez podpisu w rysunku 26,
- str. 113 – rys. 41a – nieczytelne opisy osi na wykresie,
- str. 118 – w rozdziale 6.3.2, pomyłona jest numeracja rysunków (rys. 42 i 43 zamiast rys. 44 i 45).

Wszystkie przedstawione w recenzji uwagi krytyczne nie wpływają na pozytywną ocenę merytoryczną pracy doktorskiej Pani mgr Elżbiety Gadalińskiej. Zaprezentowane w pracy zagadnienia teoretyczne i zestawienia wyników badań potwierdzają, że Autorka przestudiowała literaturę i swobodnie porusza się w tematyce dotyczącej teorii i metodologii związanej z pomiarami oraz procedurami pozwalającymi na określenie rozkładu naprężeń własnych w materiałach dwufazowych poddanych odkształceniom sprężystym i plastycznym.

W podsumowaniu należy też stwierdzić, że Pani mgr Elżbieta Gadalińska otrzymała wartościowe wyniki, wykazała się umiejętnością prawidłowego zaprojektowania eksperymentów, właściwej interpretacji uzyskanych wyników oraz wyciągnięcia odpowiednich wniosków. Za szczególnie interesujące aspekty pracy uważam:

- zastosowanie eksperymentów dyfrakcyjnych pozwalających na określenie rozkładu naprężeń własnych podczas odkształcania badanych materiałów (ściskanie, rozciąganie) w odpowiednich zakresach - sprężystym i plastycznym,

- zastosowanie powyższej metodologii do analizy materiałów dwufazowych, tj. kompozytu *Al/SiC*, w skład którego wchodzi dwie fazy zasadniczo różniące się właściwościami fizycznymi (moduł Younga, czynnik Poissona, twardość etc) oraz dwóch rodzajów stali – perlitycznej i typu duplex, składających się z faz o różnych właściwościach plastycznych,

- określenie roli matrycy i umocnienia w badanych kompozytach dzięki przeprowadzonej w pracy analizie porównawczej naprężeń w kompozycie *Al/SiC* i samej matrycy *Al2124*,

- wykazanie, iż w stali perlitycznej wartość krytycznego naprężenia ścinającego oraz granicy plastyczności zależy od odległości między płytkami cementytu w ferrycie oraz wykazanie, iż zastosowanie w obliczeniach złożenia modelu samouzgodnionego i podejścia Taylora, pozwala na przewidzenie anizotropii sprężystej oraz rozkładu naprężeń pomiędzy badanymi fazami,

- w stali typu duplex - potwierdzenie wynikami eksperymentalnymi - teoretycznego opisu modelu rozkładu naprężeń pomiędzy fazami stali dla wszystkich badanych stanów deformacji (w zakresie sprężystym obu faz, w zakresie plastyczności austenitu i sprężystości ferrytu oraz w zakresie plastyczności obu faz) oraz wyznaczenie wartości krytycznego naprężenia ścinającego.

Podsumowując można stwierdzić, że wybór tematyki rozprawy doktorskiej dotyczący charakterystyki różnego typu polikrystalicznych materiałów dwufazowych poddanych odkształceniom plastycznym i sprężystym, a w szczególności określenia ich właściwości mikromechanicznych i naprężeń własnych, wpisuje się w nowoczesny nurt badań w inżynierii materiałowej.

W związku z powyższym stwierdzam, że recenzowana praca spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim, określone ustawą o stopniach i tytułach naukowych i wnioskuję o dopuszczenie Pani mgr Elżbiety Gadalińskiej do publicznej obrony przed Radą Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo Hutniczej w Krakowie.

Mając na uwadze wysoki poziom merytoryczny recenzowanej pracy doktorskiej oraz bogaty dorobek naukowy Pani mgr Elżbiety Gadalińskiej, wnioskuję do Rady Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH o przyznanie jej wyróżnienia.



Dr hab. Małgorzata Karolus