

Prof.Dr Ing. Ivan Kuric

Katedra inżynierii produkcji

Akademia Techniczno-Humanystyczna w Bielsku-Bialej

Bielsko-Biala

Bielsko Biala, 30.01.2015r

## **Recenzja**

**pracy doktorskiej mgra Marka Kubicy**

**pt. „Symulacja i modelowanie nanostruktury warstwy Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> otrzymywanej w elektrolitach trójskładnikowych”.**

Opinię opracowano zgodnie ze zleceniem Dziekana Wydziału Informatyki i Nauki o Materiałach, dr hab. Danuty Stróż, prof. Uniwersytetu Śląskiego.

### **1. Wstęp.**

Przedłożona do opiniowania praca dotyczy zagadnień tribologii, inżynierii materiałowej oraz symulacji komputerowych. Ma eksperymentalny charakter. Zawiera łącznie 108 stron mieszczących się w 8 rozdziałach. Cytowana literatura liczy 128 pozycji, z czego Doktorant jest współautorem 12 prac. Pierwsze dwa rozdziały poświęcone są analizie literaturowej, głównie procesom wytwarzania warstw tlenkowych, badaniom tribologicznym a także metodzie elementów skończonych.

W rozdziale 3. przedstawiono tezę i cele pracy, a w rozdziale 4-metodykę badań. Wyniki badań i ich dyskusję omówiono w rozdziałach 5. i 6. W rozdziale 7. podane są wyniki badań symulacji skojarzeń ślizgowych badanych elementów. Rozdział 8. zawiera wnioski wynikające z przeprowadzonych badań. Tematyka pracy jest aktualna i naukowo

uzasadniona. Problematyka kształtowania polimerowo-metalowych węzłów tarcia, jak dotąd nie doczekała się jednoznacznych podstaw teoretycznych, co utrudnia kształtowanie wspomnianych węzłów w sposób zapewniający uzyskanie najkorzystniejszych charakterystyk eksploatacyjnych. Dlatego podjęcie się przez Doktoranta trudnego zagadnienia modelowania nanostruktury warstw  $Al_2O_3$  oraz symulacji komputerowych uważam za w pełni uzasadnione.

## **2. Ocena wyboru tematu, zakresu, celu pracy oraz teza pracy.**

Zapis tematu pracy doktorskiej jest odpowiedni, w tej materii nie mam żadnych zastrzeżeń. Treść rozprawy odpowiada jej tematowi. Główne cele pracy to:

1. Poznanie i wyjaśnienie mechanizmów formowania i wzrostu warstwy  $Al_2O_3$  przy użyciu mikroskopu skaningowego.
2. Symulacja i modelowanie nanostruktury warstwy tlenkowej  $Al_2O_3$  wytwarzanej na stopie aluminium w elektrolicie trójskładnikowym.
3. Analiza numeryczna naprężeń, odkształceń i przemieszczeń węzła tarcia tribologicznego w skojarzeniach ślizgowych.

Cele pracy uważam za słuszne.

Autor postawił tezę: **„Zastosowanie metod komputerowych do modelowania i symulacji nanostruktury warstw  $Al_2O_3$ , pozwala na dobranie odpowiednich właściwości, dostosowanie warunków wytwarzania i materiałów dla współpracy ślizgowej”**. Teza jasna i zapisana precyzyjnie. Jednak zastosowana w badaniach metodyka może budzić wątpliwości (dotyczące prowadzonych badań). Brak jednoznacznych kryteriów doboru parametrów wytwarzania nanostruktury warstw, jak również doboru parametrów przeprowadzonych symulacji komputerowych.

Zakres pracy, który został dobrany, jest bardzo obszerny i obejmował:

1. Wytworzenie warstw tlenkowych  $Al_2O_3$  dla różnych czasów anodowania twardego w elektrolitach trójskładnikowych SAS i SFS. Wytworzenie warstwy tlenkowej na stopie aluminium EN AW-5251 dla różnych czasów..
2. Przeprowadzenie badań struktury i morfologii powierzchni, tworzenia się i wzrostu warstwy tlenkowej z wykorzystaniem KAO.
3. Utworzenie trójwymiarowego modelu CAD:
  - a. zamodelowanie możliwych ułożeń włókien stwierdzonych w warstwach tlenkowych,
  - b. zaproponowanie modelu 3D wyglądu warstwy tlenkowej powstającej w elektrolicie trójskładnikowym,
4. Symulacja morfologii warstwy  $Al_2O_3$ :
  - a. wykonanie odpowiednich obliczeń i przekształceń matematycznych na podstawie zaproponowanego rozwiązania geometrycznego,
  - b. zaimplementowanie rozwiązań matematycznych do wykonywanej aplikacji,
  - c. napisanie w języku programowania C++ oprogramowania symulującego wygląd morfologii warstwy  $Al_2O_3$  wytwarzanej dla różnych warunków anodowania twardego.
5. Badanie właściwości tribologicznych w układach bezolejowych z wykorzystaniem MES dla różnych materiałów próbek:
  - a. utworzenie modelu CAD węzła tarcia kostka-płytką zgodnie z rzeczywistymi wymiarami badanego układu,
  - b. zadanie modelowi odpowiednich właściwości materiałowych dla: przeciwpróbki (stop aluminium EN AW-5251), warstwy tlenkowej, próbek (TG15, TGK20/5 i TMP12),
  - c. zestawienie warunków brzegowych odpowiadającym atrybutom rzeczywistym występującym podczas współpracy tribologicznej,

d. rozwiązanie układu z wykorzystaniem metody elementów skończonych.

Rozprawa stanowi przykład typowej, poprawnie wykonanej pracy eksperymentalnej z pewną próbą naukowej podbudowy dotyczącej kształtowania właściwości materiałów do zastosowań w systemach tribologicznych. Uważam, że próba rozpracowania problemu była uzasadniona.

**Na podkreślenie zasługuje głównie fakt zastosowania przez Doktoranta wielu różnorodnych metod badawczych związanych z analizą struktury i właściwości badanych materiałów, a także wykorzystania symulacji komputerowych.**

### **3. Uwagi szczegółowe.**

- Str. 30. rys. 16. W podpisie jest a, b, c, natomiast na przedstawionym rysunku jest tylko widok a i b.
- Str. 39. Teza rozprawy doktorskiej - należało podać o jakie konkretnie właściwości nanostruktury chodzi, a nie określić ogólnie, że coś pozwala na dobranie odpowiednich właściwości.
- Str. 44 rys. 26. Podpis pod rysunkiem. Powinno być: Schemat stanowiska do wytwarzania warstw tlenkowych a nie: Stanowisko....
- Str. 47. Tabela 7. Brak wyjaśnień, dlaczego wybrano takie a nie inne parametry wytwarzania (chodzi o gęstość prądu oraz temperaturę) warstw tlenkowych do celów tribologicznych.
- Str. 68. rys. 48. Powierzchnia pora nie może być w nm.
- Str. 82. rys. 61. W podpisie, to nie działanie programu tylko wyniki symulacji.
- Brak odniesień do wyników innych badaczy.
- Brak zestawu oznaczeń symboli stosowanych w pracy.

Do najważniejszych osiągnięć pracy należy zaliczyć:

- 1) Poznanie i wyjaśnienie mechanizmów formowania i wzrostu nanostruktury warstwy  $\text{Al}_2\text{O}_3$  przy użyciu mikroskopu skaningowego na podstawie zdjęć powłok.
- 2) Symulacje i modelowanie nanostruktury warstwy tlenkowej  $\text{Al}_2\text{O}_3$  wytwarzanej na stopie aluminium w elektrolicie trójskładnikowym.
- 3) Analizę numeryczną naprężeń, odkształceń i przemieszczeń węzła tarcia w skojarzeniach ślizgowych.

**4. Wniosek końcowy.**

Doktorant zrealizował określone w założeniach rozprawy cele badań, wykonując badania z zastosowaniem zaproponowanych metod, stosując właściwą interpretację otrzymanych wyników.

Pracę realizowano pod kątem konkretnych zastosowań praktycznych, co stanowi niewątpliwie jej zaletę. Rozprawa jest oryginalnym rozwiązaniem zagadnienia naukowego oraz wskazuje na ogólną wiedzę teoretyczną Autora na temat zagadnień dotyczących treści pracy. Autor posiada umiejętności samodzielnego prowadzenia prac badawczych.

Reasumując stwierdzam, że przedstawiona do oceny praca doktorska mgra Marka Kubicy pt. „**Symulacja i modelowanie nanostruktury warstwy  $\text{Al}_2\text{O}_3$  otrzymywanej w elektrolitach trójskładnikowych**” spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym. Stawiam wniosek o dopuszczenie mgra Marka Kubicy do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

  
Prof. Dr. Ing. Ivan Kuric