

Częstochowa, 2023-10-17

dr hab. Katarzyna Bloch, prof. Politechniki Częstochowskiej
Politechnika Częstochowska
Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów
Katedra Fizyki

Recenzja

**rozprawy doktorskiej Pana mgra Rafała Dziwisa
pt. "Wykorzystanie metod eksperymentalnych i symulacji
komputerowych do wyznaczania wybranych własności
mechanicznych powłok uzyskiwanych w procesie PVD
na spiekanych materiałach narzędziowych".**

(podstawa opracowania: pismo RDIMa.RMT.512.9.2023 r.)

Wybór tematu pracy na tle stanu badań

Stały rozwój inżynierii materiałowej nie byłby możliwy bez stosowania coraz to nowszych technik produkcyjnych, które są wspomagane obliczeniami komputerowymi. Następstwem ciągłej urbanizacji są znikające zasoby surowców naturalnych, co wymusza stosowanie nowych metod projektowania i wytwarzania nowoczesnych materiałów. Bardzo ważnymi aspektami towarzyszącymi produkcji materiałów są ekologia i ekonomia. Szczególny nacisk kładzie się na ulepszanie wykorzystanych już zarówno technologii, jak i materiałów. Bardzo dobrym przykładem mogą być materiały w postaci kompozytów, które po wytworzeniu posiadają znacznie lepsze właściwości użytkowe niż ich poszczególne składniki. Innym przykładem są organiczne soczewki okularowe. Soczewka bazowa bez naniesionych powłok jest materiałem miękkim, nietrwałym i szybko tracącym swoje właściwości optyczne, co nie tylko nie poprawia widzenia ale wręcz wpływa na jego pogorszenie. Można uznać, że ten materiał w takim wykonaniu nie spełnia oczekiwań konsumenta i jest źle zaprojektowany. I w tym miejscu z pomocą przychodzi inżynieria materiałowa - ponieważ występuje

Biuro Dziekana

wpłynęło dnia 19.10.2023
RDIMa|RMT|154151|2023
nr zał.

konieczność modyfikacji tego materiału w taki sposób aby poprawić jego właściwości mechaniczne przy zachowaniu właściwości optycznych. Inżynierowie wykonują szereg symulacji i projektują nową soczewkę uszlachetnioną powłokami o różnych właściwościach. Wspomaganie procesu wytwarzania powłok obliczeniami komputerowymi przy równoczesnym optymalizowaniu parametrów użytkowych materiału bazowego dającego dla nich podłoże jest podstawą na drodze do uzyskania finalnego produktu o oczekiwanych właściwościach.

Przedmiotowa praca dotyczy nanoszenia powłok tworzących warstwę powierzchniową na podłożu ceramicznym oraz przeprowadzenia szeregu symulacji. Uważam, że zagadnienie jakiego dotyczy ta dysertacja jest bardzo istotne i w wielu ośrodkach naukowych, a także w przemyśle prowadzone są badania nad opracowaniem symulacji komputerowych ułatwiających projektowanie nowych materiałów. Powodem jest ograniczenie zużycia energii, czasu produkcji oraz surowców naturalnych. Podejście to jest wysoce ekologiczne i co najważniejsze skutkuje ograniczeniem kosztów produkcji.

Spis literaturowy przedmiotu

Doktorant przygotował pracę przy wykorzystaniu zgromadzonej i spisanej bibliografii liczącej, aż 178 pozycji. W spisie literatury znajdują się dwie pozycje, w których Pan mgr Rafał Dziwis jest współautorem. Obie prace zostały opublikowane w liczącym się czasopiśmie naukowym Archives of Materials Science and Engineering, które według Listy Ministerialnej czasopism punktowanych ma 70 pkt. Obie z wymienionych prac dotyczą tematyki, która podjęta jest w recenzowanej pracy doktorskiej. Niestety w żadnej z tych prac Pan mgr Rafał Dziwis nie jest głównym autorem. W swojej pracy Doktorant wielokrotnie cytuje publikacje pracowników Politechniki Śląskiej, co jest jak najbardziej zrozumiałe, ponieważ jest to uznana jednostka naukowa w Polsce i jedna z nielicznych uczelni nosząca miano Uczelni Badawczej. Wykorzystane przy pisaniu tej pracy doktorskiej materiały literaturowe są jak najbardziej prawidłowo dobrane i są związane z jej tematyką.



Cele i tezy pracy

Cel pracy doktorskiej:

„Celem niniejszej pracy doktorskiej było zbadanie struktury i własności tlenkowej ceramiki narzędziowej $Al_2O_3+ZrO_2$, Al_2O_3+TiC , Al_2O_3+SiC i cermetali narzędziowych niepokrywanych oraz pokrytych w procesie katodowego odparowania łukowego PVD jedno i wielowarstwowymi powłokami typu: TiN , $(Ti,Al)N$, $TiN+(Ti,Al,Si)N$, $TiN+(Ti,Al,Si)N+(Al,S,Ti)N$, $TiN+(Ti,Al,Si)N+TiN$ oraz sprawdzenie możliwości wykorzystania metody elementów skończonych do wyznaczenia naprężeń i mikrotwardości powłok w oparciu o dostępne dane materiałowe i parametry morfologiczne.” , jest jasny dla czytelnika i nie wymaga dodatkowego komentarza.

Sformułowana teza:

„Opracowanie modelu numerycznego narzędzi pokrywanych powłokami w procesie PVD z wykorzystaniem metody elementów skończonych, bazującego na rezultatach badań eksperymentalnych, daje możliwość prognozowania ich własności. Symulacje komputerowe mogą zastąpić wykonywanie czasochłonnych i kosztownych badań doświadczalnych oraz prób technologicznych.”,

dokładnie wytycza drogę jaką należy pokonać aby osiągnąć cel pracy.

Uważam, że zarówno cel jak i teza pracy są poprawne.

Ocena przeprowadzonych badań

W recenzowanej pracy zastosowano szereg nowoczesnych metod badawczych umożliwiających ocenę struktury oraz właściwości mechanicznych dla materiałów narzędziowych. Zostały przeprowadzone badania grubości powłok metodą kalotestu, mikrotwardości na ultratwardościomierzu DUH 202 SHIMADZU, pomiary chropowatości na profilometrze Rang Taylor HobsonSurftec 3+, badania przyczepności powłok „scratch test” REVETEST firmy CSEM, badania rentgenowskie X'Pert Panalytical oraz topografii powierzchni AFM Park System X-E 100, TEM S/TEM Titan 80-300 FEI. Uzyskane wyniki badań właściwości mechanicznych zweryfikowano wykorzystując symulację komputerową. Symulacje komputerowe naprężeń własnych przeprowadzono przy użyciu programu ANSYS, a geometrię wykonano w programie

SolidWorks 2023. Zamieszczone na stronie 101 i 102 wykresy mikrotwardości i naprężeń wewnętrznych otrzymane eksperymentalnie oraz za pomocą przygotowanej symulacji komputerowej są w dobrej zgodności. Dla badań mikrotwardości współczynnik korelacji wyniósł 0,962, natomiast dla badań naprężeń - 0,985. Oznacza to, że w przyszłości warto jest wykonywać analizę numeryczną, która da wstępną ocenę materiału bazowego z powłokami przed ich produkcją. Takie podejście do tego tematu ma aspekt ekonomiczny, daje możliwość oszczędności czasu oraz uniknąć niepotrzebnych przestoju spowodowanych źle dobranymi parametrami naniesionych powłok.

Uważam, że w przedłożonej do recenzji dysertacji wszystkie badania zostały dobrze zaplanowane. Doktorant udowodnił, że odpowiednio zaplanowana symulacja komputerowa może stanowić nowoczesne narzędzie w rękach inżyniera materiałowego.

Ocena dorobku naukowego Doktoranta

Doktorant w czasie realizacji pracy doktorskiej poszerzał swoją wiedzę z zakresu obliczeń numerycznych oraz analizy właściwości mechanicznych i struktury, o czym świadczą liczne publikacje. Publikował wyniki swoich badań na łamach periodyków umieszczonych na liście ministerialnej czasopism punktowanych. Według mojej analizy dorobku publikacyjnego Pana mgra Rafała Dziwisa jest on współautorem 13 prac naukowych. Dodatkowo Doktorant brał udział w czterech krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych, na których wygłosił cztery referaty. Uzyskane przez Doktoranta wyniki badań naukowych wykazują również dużą zdolność wynalazczą, o czym świadczą nagrody uzyskane na międzynarodowych wystawach i targach wynalazczości. To co w mojej opinii zasługuje na szczególne wyróżnienie to uzyskanie przez mgra Rafała Dziwisa Dyplomu Uznania Ministra Edukacji i Nauki.

Uwagi dotyczące edycji pracy

Recenzowana praca doktorska napisana jest poprawnym językiem, jednak nawet w takich opracowaniach jak praca doktorska zdarzają się błędy. Moją rolą było dokładne przeczytanie powierzonego mi do recenzji



tekstu i ocenienie go pod względem merytorycznym (co uczynię w innym miejscu recenzji) oraz edytorskim i formalnym. Zauważyłam, że Doktorant nagminnie nie stosuje znaków spacji w zapisie liczba jednostka, np.: 40V, 400A, 10kV, 0,1keV, 100ms. W swojej pracy Doktorant stosuje układ jednostek SI, natomiast temperaturę podaje w °C – zamiast w Kelvinach. Na stronie 18 opisy rysunku 4 są bardzo mało czytelne. W niektórych miejscach np. w opisach rysunków Doktorant nie stosuje konsekwentnie jak w większości opisów kropki na końcu zdania, np.: rys. 5. W opracowaniu zdarzają się pozostawione na końcu linii pojedyncze litery. Praktycznie na wszystkich rysunkach w rozdziale 4.4. wyniki analizy MES są nieczytelne, chodzi mi o opisy wewnątrz rysunków, co utrudnia ich analizę. Generalnie wskazane powyżej uwagi nie są znaczące i nie mają wpływu na pełne zrozumienie pracy.

Uwagi do dyskusji

1. Proszę o wskazanie zgodnie z normą polską prawidłowego nazewnictwa dla grupy powłok naniesionych na podłoże. Czy warstwa wierzchnia to to samo co warstwa zewnętrzna, czy warstwa powierzchniowa?
2. Pisze Pan, że model rzeczywisty poddano dyskretyzacji, jednak brakuje tu informacji ile węzłów i ile elementów mają analizowane modele geometryczne.
3. Pisze Pan „własności materiałowe przyjęto na podstawie danych literaturowych oraz katalogu MatWeb”. Jakie parametry czy dane materiałowe brał Pan pod uwagę w symulacjach komputerowych?

Podsumowanie i wniosek końcowy

Na podstawie przeprowadzonej recenzji pracy doktorskiej autorstwa Pana mgr. Rafała Dziwis pt. „Wykorzystanie metod eksperymentalnych i symulacji komputerowych do wyznaczania wybranych własności mechanicznych powłok uzyskiwanych w procesie PVD na spiekanych materiałach narzędziowych” stwierdzam, że:

- cel pracy został osiągnięty w wyniku realizacji postawionej tezy,



- tematyka pracy jest interesująca i aktualna,
- w pracy zawarte są elementy nowości naukowej,
- dyskusja wyników badań jest na odpowiednim poziomie naukowym,
- wiedza Autora pracy z zakresie tematyki pracy jest wystarczająca.

Zamieszczone w recenzji uwagi mają jedynie charakter dyskusyjny i nie mają żadnego wpływu na pozytywną recenzję i ocenę końcową tej rozprawy doktorskiej.

W wyniku przeprowadzonej recenzji rozprawy doktorskiej stwierdzam, że przedłożona do recenzji rozprawa doktorska autorstwa mgra Rafała Dziwisa pt. „Wykorzystanie metod eksperymentalnych i symulacji komputerowych do wyznaczania wybranych własności mechanicznych powłok uzyskiwanych w procesie PVD na spiekanych materiałach narzędziowych” **spełnia warunki określone Ustawą "o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki"**, które są zgodne z art.13, w związku z art. 179 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 Dz. U. z 2018 poz.1669. Dlatego też wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej w Gliwicach o **dopuszczenie** Pana mgra Rafała Dziwisa do publicznej obrony jego pracy doktorskiej.

14.10.2023

Stożek Katarzyna