

Warszawa, 08 września 2015 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Mgr inż. Anny Jędrzejczak,

Instytut Inżynierii Materiałowej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Łódzka

pt.: „Wytwarzanie warstw węglowych domieszkowanych krzemem metodą RF PACVD”

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska dotyczy wytwarzania metodą RF PACVD warstw DLC domieszkowanych krzemem. Tematyka ta pozostaje w związku z naukowym profilem działalności promotora rozprawy prof. dr hab. inż. Piotra Niedzielskiego. Swoisty wyróżnik merytoryczny tej działalności – warstwy DLC stanowią powszechnie dostrzeganą i uznaną specjalność naukową nie tylko promotora, ale w istocie całego ośrodka naukowego. Podkreślam ten fakt celowo, gdyż z jednej strony sytuuje on tematykę ocenianej rozprawy w pewnym kontekście środowiskowym i jego docenianym dorobku naukowym, a z drugiej – już na wstępie daje, albo lepiej – powinien dawać gwarancję co najmniej poprawnego poziomu naukowego prezentowanych w rozprawie badań. Z takim nastawieniem przystąpiłem do krytycznej lektury ocenianej rozprawy.

Rozprawa zredagowana została w klasyczny, według właściwy mnie sposób. Prezentacja badań własnych poprzedzona została przeglądem stanu zagadnienia, w którym autorka uzasadnia zarówno istotność dotowania warstw DLC krzemem, a jednocześnie wskazuje na wątki dyskusyjne wynikające z poszczególnych cytatów literaturowych. Jest to relatywnie obszerny fragment całości opracowania, zajmujący prawie dokładnie połowę jego objętości. Autorka w tej części swojej prezentacji dokonała wyczerpującego przeglądu literaturowego, opierając go na 113 pozycjach literaturowych (pozostałe pozycje literaturowe z przywołanych w wykazie 135 zostały wykorzystane w toku dyskusji wyników badań własnych autorski rozprawy). Odnoszę wrażenie kompletności przeglądu stanu zagadnienia, chociaż z drugiej strony, w moim przekonaniu w odbiorze treści opisu stanu zagadnienia dominuje odczucie jego bardziej informacyjnego niż analitycznego charakteru. Za dosyć niefortunne uznaję stwierdzenie zawarte w końcowej części rozdziału 2 (podrozdział 2.5, strona 49/50), omawiającego przecież stan zagadnienia przed podjęciem badań opisanych w rozprawie z informacją o tym, że technologia warstw Si/DLC został już w jednostce opracowana, a nawet wdrożona z sukcesem w firmie MEGDAL. Oczekiwałbym zatem od doktorantki informacji, na ile jej własne badania w zakresie syntezy warstw Si/DLC mające na celu, jak zrozumiałem, ustalenie związków pomiędzy parametrami technologicznymi syntezy a właściwościami warstw Si/DLC są zbieżne lub różne od tych wcześniej opracowanych w ramach badań zakończonych wdrożeniem w firmie MEGDAL ?

Muszę przyznać, że zawód sprawiła mi propozycja hipotezy badawczej ocenianej rozprawy. Wzbudza ona wrażenie zdawkowości i przedstawienia jej jedynie ze względów formalnych. To, że wymieniony w tekście hipotezy prekursor krzemu (HMDSO) może zostać wykorzystany w syntezie warstw DLC domieszkowanych krzemem, a tak odczytuję istotę kwestionowanej przeze mnie hipotezy, autorka wykazała przecież już wcześniej w przeglądzie literaturowym. W moim przekonaniu, i na to liczyłem,

znając zamierzenia autorki podane we Wstępie rozprawy (rozdz. 1), że w sformułowaniu hipotezy badawczej, jeśli już przywołany zostanie wątek prekursora krzemu (i słusznie, że w rzeczywistości został przywołany !) wyeksponowane zostaną np. jakieś szczególnie korzystne cechy fizyko-chemiczne, albo technologiczne wybranego prekursora, jako oczekiwanego donatora krzemu w konkretnych warunkach technologii warstw węglowych pozostającej w dyspozycji badaczki. Wydawało mi się to dosyć kluczowe z co najmniej dwóch powodów: 1. skuteczności dysocjacji wybranego gazu krzemonośnego i jej wpływu nie tylko na efektywność dotowania węgla krzemem, ale i na syntezę warstw węglowych, 2. obecności tlenu zawartego we fragmentach zdysocjowanego związku i roli tego pierwiastka w kształtowaniu właściwości warstw. O ile pierwszy wątek nie został niestety w ogóle poruszony w przeglądzie literaturowym, o tyle drugi był sygnalizowany, także z zasygnalizowaniem wpływu na właściwości DLC azotu, którego źródłem był inny złożony gazowy substrat krzemu.

Nie zgadzam się ze stwierdzeniem autorki umieszczonym tuż poniżej tekstu hipotezy badawczej, że hipoteza ta jednoznacznie definiuje podane 3 cele pracy. W moim przekonaniu podane cele to po prostu dosyć oczywiste zestawienie kolejnych etapów procedury technologicznej, zmierzającej do opracowania technologii i wsparcia jej skutków badaniami materiałowymi syntetyzowanego produktu. Zestawienie to w podanej postaci nie wymaga w moim przekonaniu żadnej hipotezy !

Część badawcza rozprawy generalnie sprawia dobre wrażenie rzetelnej pracy naukowej. Autorka postanowiła wykorzystać w swoich badaniach zestaw zaawansowanych technik charakteryzacji warstw węglowych – trudnego i dosyć niewdzięcznego materiału badawczego, pozwalający na wszechstronną ocenę jakości i skutków zastosowanej technologii syntezy. Wykorzystanie tych technik badawczych jest przy tym autentycznie celowe, biorąc pod uwagę założony cel rozprawy, tzn zbadanie relacji pomiędzy właściwościami warstw a wybranymi parametrami procesu technologicznego. Przyjęty plan badań (str. 57) słusznie zakładał zbadanie wybranych wariantów technologicznych syntezy warstw Si/DLC i porównanie właściwości tych warstw z ich technologicznymi bezkrzemowymi analogami (tzn tylko DLC). Wybór technik charakteryzacji materiału warstw oraz plan badań nie budzą żadnych zastrzeżeń metodycznych, aczkolwiek oczekiwałbym nieco bardziej przekonującego uzasadnienia dla celowości zastosowania pośredniej warstwy gradientowej na bazie tytanu. Warstwa ta, opracowana wcześniej przez innych badaczy (co zostało w rozprawie wsparte odpowiednimi odnośnikami literaturowymi) była standardowo zastosowana zarówno w przypadku warstw Si/DLC, jak i warstw referencyjnych – DLC osadzanych na podłożach krzemowych.

Rozdział 4 ocenianej rozprawy, poświęcony omówieniu wyników badań uważam za najlepszy jej fragment. Doktorantka wykorzystała możliwości wybranych i zastosowanych metod badawczych do wszechstronnej analizy właściwości fizyko-chemicznych syntetyzowanych przez siebie powłok. Prezentowane w poszczególnych podrozdziałach omówienia otrzymanych wyników wskazują na kompetencję doktorantki w zakresie interpretacji rezultatów poszczególnych badań. Należy odnotować, że interpretacja ta oparta jest nie tylko na prawidłowej ocenie rezultatów osiągniętych w trakcie poszczególnych badań, ale także, co warto podkreślić na permanentnej dyskusji tych rezultatów z danymi literaturowymi. Szczególnie podobało mi się podniesienie, w tym kontekście, wątku relacji pomiędzy twardością a modułem Younga materiału warstw. Relacja ta rzeczywiście

wyznacza swoistą prognozę materiałową w racjonalnym projektowaniu materiału powłok i powinna być przyjmowana, jak jedno z najważniejszych kryteriów w tym zakresie.

Rozdział 6, zatytułowany, jako „dyskusja wyników” tylko częściowo, moim zdaniem, odpowiada swojemu tytułowi. Określiłbym go raczej jako systematyczne „podsumowanie wyników”. Mam tu jednak na uwadze, że faktyczną dyskusję merytoryczną poszczególnych rezultatów badań, odnaleźć można w rozdziale poprzedzającym, tzn rozdz. 5. Lektura rozdz. 6 pozostawia jednak uczucie niewielkiego niedosytu, wynikającego zwłaszcza z braku syntezy wyników tak na gruncie podstawowym, jak i nawet w sensie technologicznym. Oczekiwałem od autorki wskazania zestawu parametrów, wspartego wnioskami wynikającymi z badań materiałowych adekwatnych dla przykładowej aplikacji, albo zaprezentowania pewnego rodzaju prognozy materiałowej wyznaczającej relację pomiędzy technologią a wymaganiami spodziewanych aplikacji. Oczekiwałem opinii odnośnie skalowania osiągniętych w pracy wyników na bardziej realne materiały podłożowe niż krzem zastosowany w pracy; zresztą o przewidywanych badaniach w zakresie zastosowania różnych podłoży metalicznych doktorantka wspomina w końcowej części rozprawy.

Wspomniałem na wstępie o swoistym genetycznym usytuowaniu ocenianej rozprawy. Rozprawa została przygotowana w Instytucie Inżynierii Materiałowej Wydziału Mechanicznego Politechniki Łódzkiej, będącym niewątpliwie czołową polską placówką naukową w odniesieniu do wszechstronnie pojmowanej tematyki warstw węglowych. Mając zaszczytną możliwość recenzowania kilku wcześniejszych prac badawczych opracowanych w tym ośrodku, obecnie ocenianą rozprawę postrzegam, jako kolejny wątek badawczy w całym szerokim i realizowanym z sukcesami nurcie badawczym. Podobnie, jak w większości przypadków tego typu opracowań można i w tej pracy wskazać punkty słabsze, ale i trzeba docenić jej atuty. O najważniejszych uwagach wspomniałem już we wcześniejszych fragmentach mojej recenzji. Mam nadzieję, że doktorantka dostrzeże w nich także ich dydaktyczny kontekst. Bez względu jednak na ich merytoryczną wymowę, według mnie, oceniana rozprawa z pewnością stanowi dowód biegłości badawczej i kompetencji naukowej doktorantki, a w sensie wspomnianego wyżej nurtu badawczego wnosi sobą zbiór informacji ważnych dla poszerzenia spektrum wiedzy o specyfice syntezy warstw.

W moim przekonaniu, oceniana rozprawa spełnia wymagania odnośnej Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym. Biorąc powyższe pod uwagę, wnioskuję do Rady Wydziału Mechanicznego Politechniki Łódzkiej o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Jędrzejczak do publicznej obrony.

Krzysztof Zdunek

