

dr hab. inż. Katarzyna Pietrzak, Prof. nzw.

Warszawa, 16.12.2013 r.

ITME, ul. Wólczyńska 133, 01-919 Warszawa

IPPT PAN, ul. Pawińskiego 5B, 02-106 Warszawa

## **RECENZJA**

**Dorobku naukowego i dydaktycznego oraz rozprawy habilitacyjnej (w formie jednotematycznego cyklu publikacji, zatytułowanego: „Wpływ modyfikacji tlenku glinu na strukturę i właściwości połączeń metal/tlenek glinu”) dr inż. Marzanny Książek**

### **Charakterystyka kandydatki**

Dr inż. Marzanna Książek w 1984 roku ukończyła studia magisterskie na Wydziale Technologii i Mechanizacji Odlewnictwa AGH, ze specjalizacją Odlewnictwo Metali Nieżelaznych. Trzy lata później uzyskała stopień mgr inż. na Wydziale Metali Nieżelaznych tej samej Uczelni, ze specjalizacją Przeróbka Plastyczna i Metaloznawstwo Metali Nieżelaznych. Po ukończeniu studiów doktoranckich, dysertację zatytułowaną: „Wpływ sposobu odkształcenia na umocnienie monokryształów cynku” obroniła w roku 1994, również na Wydziale Metali Nieżelaznych AGH. Od kwietnia 1994 do września 2004 roku zatrudniona była na stanowisku adiunkta w Instytucie Odlewnictwa w Krakowie, w Pracowni Metalowych Materiałów Kompozytowych, przekształconej w roku 1997 w Laboratorium Fizykochemii Metali i Stopów. Od września 2004 roku pełni funkcję Kierownika Zespołu Laboratoriów Badawczych i Kierownika ds. Jakości w Zespole Laboratoriów Badawczych tego Instytutu.

### **Ocena dorobku naukowego i dydaktycznego**

Na podstawie przedstawionych materiałów można stwierdzić, że działalność naukowa dr inż. Marzanny Książek jest dobrym przykładem ukierunkowania i specjalizacji naukowej od samego początku pracy zawodowej. Habilitantka, posiadająca bardzo gruntowne i wszechstronne wykształcenie w zakresie inżynierii materiałowej, od ukończenia studiów doktoranckich związana jest z Instytutem Odlewnictwa, gdzie prowadzi prace związane

najpierw ze zjawiskami towarzyszącymi formowaniu się materiałów, a później od roku 2000 z procesami fizykochemicznymi związanymi z ich spajaniem. Analizując jej dorobek publikacyjny widać, że jest on dość znaczny (po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych jest autorem i współautorem 46 publikacji w czasopismach naukowych i pokonferencyjnych oraz współtwórcą jednego patentu, liczba cytowań 81, Indeks Hirscha 6). Jest również zaangażowana w prace dydaktyczną (liczne praktyki studenckie z uczelni krakowskich – AGH, PK, UJ), opieka nad pracami magisterskimi, co należy szczególnie podkreślić biorąc pod uwagę fakt, że zatrudniona jest w instytucie badawczym, a nie na uczelni.

### **Ocena rozprawy habilitacyjnej**

Przedstawiona do recenzji rozprawa habilitacyjna napisana jest w formie jednotematycznego cyklu dwunastu publikacji, poprzedzonego bardzo starannie napisanym, łączącym je w całość wprowadzeniem. Cykl zatytułowany jest „Wpływ modyfikacji tlenu glinu na strukturę i właściwości połączeń metal/tlenek glinu”.

Problem spajania ceramiki z metalami, którym Habilitantka zajmuje się od kilkunastu lat, jest zagadnieniem bardzo skomplikowanym, a jednocześnie ze względu na potrzebę stosowania tego typu połączeń, zarówno w skali makro - połączenia elementów konstrukcyjnych, jak i mikro - połączenia osnowy i wzmocnienia w kompozytach, wymagającym pełnego zrozumienia i rozwiązania. Od wielu lat, zagadnienie spajania materiałów tak różnych jak ceramika i metal, jest przedmiotem prac zarówno teoretycznych jak i eksperymentalnych. Prace teoretyczne dotyczą głównie: (i) wyznaczania np. metodą MES (*ang. FEM*) stanu i rozkładu naprężeń własnych generowanych w złączu czy też w materiale kompozytowym w trakcie jego wytwarzania lub eksploatacji, w zależności od konfiguracji złącza lub w zależności od kształtu i wymiarów wzmocnienia w kompozycie, (ii) modelowania zachowania połączenia w warunkach pracy, (iii) analiz (obliczeń) termodynamicznych mówiących o możliwości - przy założeniu składu i warunków wytwarzania - formowania się nowych faz w warstwie przejściowej pomiędzy łączonymi materiałami lub pomiędzy osnową a wzmocnieniem.

Prace eksperymentalne, często oparte na teoretycznych, dotyczą głównie modyfikacji kształtu złącza, modyfikacji powierzchni łączonych materiałów (techniki CVD, PVD, napylenie plazmowe, napylenie plazmą impulsową) w celu poprawy zwilżalności i choć w pewnej mierze „złagodzenia” różnic w wartościach współczynników rozszerzalności cieplnej czy

modułów Young'a – głównych czynników determinujących możliwość otrzymania połączeń charakteryzujących się odpowiednimi właściwościami.

Dr inż. Marzanna Książek zajęła się w swoich pracach właśnie tym fragmentem zagadnienia. Materiałami, które badała były: ceramika tlenkowa typu  $Al_2O_3$ , i metale - aluminium i miedź, czyli materiały których połączenia mają szerokie zastosowanie w wielu gałęziach nowoczesnego przemysłu. Badania Habilitantki koncentrowały się wokół procesu fizykochemicznego oddziaływania na granicy kontaktu faza ciekła (Al lub Cu)/faza stała ( $Al_2O_3$ ). I jak napisała w Autoreferacie, w części dotyczącej celu naukowego i ewentualnych możliwości wykorzystania badań: ...”oryginalnym elementem w procesie wytwarzania połączeń metalowo-ceramicznych, ujawnionym w moich badaniach było zastosowanie aktywacji chemicznej powierzchni materiału ceramicznego poprzez naniesienie cienkich warstw metalicznych oraz tlenkowych, metodami fizycznymi w kształtowaniu struktury i właściwości mechanicznych połączeń”.... W szczególności badania dotyczyły układów: metal (czyste aluminium, czysta miedź, stopy AlTi6 i AlSn7)/ $Al_2O_3$ , jak i układu metal/powłoka/ $Al_2O_3$ , gdzie powłokę stanowiły warstwy tytanu o grubości 800nm, niobu o grubości 1 $\mu$ m, Nb+Ti o grubości 900nm, cyny o grubości 1 $\mu$ m oraz powłoki tlenkowe  $TiO_2$  i  $SnO_2$  o grubości 800nm naniesione techniką PVD. Szczegółowo badano również proces technologiczny wytwarzania połączeń  $Al_2O_3/Al/Al_2O_3$  z zastosowaniem powłok metalicznych tytanu na powierzchniach  $Al_2O_3$ . We wszystkich przypadkach Habilitantka w swoich analizach prowadziła korelację wyników badań strukturalnych obszaru międzyfazowego z właściwościami mechanicznymi połączeń i np. stwierdziła, że zastosowanie cienkiej warstwy tytanowej na powierzchni ceramiki  $Al_2O_3$  skutkuje wzrostem właściwości mechanicznych połączenia i kompensuje naprężenia wewnętrzne w połączeniu, przy jednoczesnym umożliwieniu prowadzenia procesu spajania w niższych temperaturach. Najważniejsze wnioski wynikające z badań dotyczących połączeń Cu/ $Al_2O_3$  po aktywacji podłoża ceramicznego tytanem, które wyciągnęła to: poza polepszeniem zwilżalności w układzie, podwyższenie wytrzymałości połączenia na ścinanie i eliminacja nieciągłości na granicy faz. W mojej opinii najbardziej istotne, mające nowatorski charakter wnioski, wynikające ze wszystkich przedstawionych przez Habilitantkę prac to: wyjaśnienie wpływu aktywacji chemicznej powierzchni ceramiki poprzez naniesienie cienkich warstw metalicznych i tlenkowych na proces oddziaływania w układzie metal/ceramika, a zwłaszcza na zjawisko zwilżalności i właściwości mechaniczne połączenia. Drugim nie mniej istotnym elementem przedstawionych prac są opracowania dotyczące technologii otrzymywania połączeń ceramika/metal dla konkretnych par materiałowych.

Jednak szczegółowa analiza wszystkich przedstawionych publikacji pozostawia pewien niedosyt. Zrozumiałe jest założenie wszystkich prac – powiązanie możliwości sterowania zwilżalnością i przeniesienie znajomości tych zjawisk na projektowanie połączeń o dobrych właściwościach. Jeśli jednak mowa jest o zastosowaniach tych połączeń w elektronice, czy też w innych nowoczesnych gałęziach przemysłu (zwłaszcza w przypadku pary  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Cu}$ ) to podane są dane dotyczące tylko wytrzymałości na ścinanie lub zginanie, a czasem nie jest ona miernikiem przydatności. Brak jest odniesienia choćby fragmentarycznego, do tak istotnych kwestii jak przewodność cieplna złączy z i bez dodatkowych materiałów i wpływie na nią dodatkowych warstw pośrednich oraz wpływie grubości warstwy dyfuzyjnej o różnym charakterze na tę właściwość. Poza tą uwagę, uwaga natury stylistycznej, w niektórych miejscach przyjęto zbyt górnolotne sformułowania.

Uwagi te jednak w żadnej mierze nie umniejszają wartości przedstawionej do recenzji Habilitacji, a mogą być jedynie sugestiami do przyszłych prac.

### **Wniosek końcowy**

Biorąc pod uwagę wartość naukową, poznawczą i aplikacyjną przedstawionej rozprawy habilitacyjnej, znaczące osiągnięcia naukowe i organizacyjne Kandydatki, mające miejsce po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych, a wyrażające się m.in. opublikowaniem wielu prac w liczących się czasopismach naukowych i prezentowaniem wyników na specjalistycznych konferencjach stwierdzam, że dorobek dr inż. Marzenny Książek spełnia wymagania stawiane przez Ustawę z dnia 14 marca 2003r o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach naukowych i tytule w zakresie sztuki Dz. U. nr 65 poz. 595 wraz z późniejszymi zmianami i wnioskuję do Komisji Habilitacyjnej oraz Rady Wydziału Metali Nieżelaznych Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie o nadanie Pani dr inż. Marzannie Książek tytułu naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria materiałowa.