

Dr hab. inż. Katarzyna Pietrzak, Prof. nazw.
Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych
oraz
Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN

Warszawa, 10.12.2018 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej **mgr inż. Justyny Grzegorek,**
pt. „Wytwarzanie i charakterystyka kompozytów na osnowie miedzi
wzmacnianych nanorurkami węglowymi”

Wiele gałęzi nowoczesnego przemysłu wymaga opracowywania i rozwijania technologii, niespotykanych dotychczas, nowych materiałów charakteryzujących się zbiorem co najmniej kilku właściwości. Do najważniejszych z nich, wynikających z planowanych warunków pracy należą: wysokie przewodnictwo elektryczne i cieplne, niski współczynnik rozszerzalności cieplnej, odporność na korozję tlenową, odporność na agresywne środowisko pracy, odporność na wysokie i zmienne temperatury, odporność na ścieranie, odpowiedni moduł Younga i stała Poissona.

Te nowoczesne materiały, to najczęściej materiały kompozytowe o szczegółowo zaprojektowanym składzie i strukturze.

Wybór kilku z przedstawionych cech, najbardziej istotnych z punktu widzenia przyszłych zastosowań, determinuje skład chemiczny, postać i ilość materiału wzmocnienia, technikę wytwarzania, co z kolei w sposób definitywny wpływa na strukturę projektowanego materiału kompozytowego.

Bardzo ciekawą parą materiałów jest układ miedź-węgiel. Kompozyty na bazie miedzi ze wzmocnieniem węglowym (w postaci włókien, grafitu, sadzy, nanorurek, fulerenów lub grafenu) charakteryzujące się (w zależności od postaci wzmocnienia węglowego, jego ilości i jednorodności rozmieszczenia w osnowie) wysokim przewodnictwem cieplnym i elektrycznym, wysoką odpornością na ścieranie, dobrymi właściwościami smarnymi i niskim współczynnikiem rozszerzalności cieplnej, znajdują zastosowanie w energetyce konwencjonalnej i odnawialnej, przemyśle elektrycznym i elektronicznym, jako elementy reaktorów jądrowych, elementy wysokoobrotowych łożysk ekologicznych, styki wysokonapięciowe, czy też podłoża rozpraszające ciepło w układach elektronicznych wysokiej mocy.

Właśnie ta grupa materiałowa stała się przedmiotem przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej p. mgr inż. Justyny Grzegorek, której celem było:

...”Wytworzenie oraz charakterystyka kompozytów na osnowie miedzi wzmocnionych wielościennymi nanorurkami węglowymi metodami mechanicznej syntezy i spiekania wysokotemperaturowego”...

Rozprawa liczy ponad sto stron, a przyjęte w niej proporcje są prawidłowe. Początek pracy to wprowadzenie, w którym autorka zawarła uzasadnienie podjęcia tematu. Rozdział drugi zawierający informacje o kompozytach metalowych wzmocnionych nanostrukturami węglowymi, podzielony jest na podrozdziały: 2.1 - opisujący nanostruktury węglowe (grafen, włókna węglowe, nanorurki węglowe) ich wytwarzanie i charakterystykę i 2.2 opisujący materiał osnowy. Rozdział trzeci przedstawia sposoby wytwarzania kompozytów miedziowych wzmocnionych nanorurkami węglowymi, a w szczególności opis mechanicznej syntezy i spiekania kompozycji proszkowych. Rozdział czwarty zawiera informacje o właściwościach kompozytów miedziowych z dodatkiem nanorurek węglowych. Rozdział piąty to przedstawienie celu i tezy dysertacji, mówiącej, że:

...”Dobór odpowiednich składników kompozytów na osnowie miedzi z dodatkiem wielościennych nanorurek węglowych oraz parametrów ich wytwarzania, prowadzi do istotnych zmian w mikrostrukturze analizowanych kompozytów w zależności od czasu prowadzenia syntezy mechanicznej; efektem czego jest znaczny wzrost ich właściwości fizycznych i mechanicznych w porównaniu do czystej miedzi.”...

Rozdział szósty przedstawia wyniki badań autorki, dotyczących technik wytwarzania kompozytów Cu+CNT. Podrozdział 6.1 przedstawia warunki mechanicznej syntezy proszków, a 6.2 parametry wysokotemperaturowego spiekania kompozytów. Rozdział siódmy to szczegółowy opis zastosowanych w pracy technik badawczych: analizy sitowej proszków, mikroskopii optycznej, skaningowej mikroskopii elektronowej, transmisyjnej mikroskopii elektronowej, spektroskopii ramanowskiej, pomiarów oporności właściwej i właściwości mechanicznych. Rozdział ósmy omawia uzyskane wyniki badań. Podrozdział 8.1 mówi o charakterystyce i właściwościach materiałów wyjściowych oraz kompozycji proszkowych, podrozdział 8.2 o charakterystyce wytworzonych kompozytów na osnowie miedzi wzmocnionych nanorurkami węglowymi metodą wysokotemperaturowego spiekania jednoosiowego w próżni wraz z opisem badań metalograficznych (8.2.1) i opisem badań właściwości mechanicznych i fizycznych (8.2.2), podrozdział 8.3 to dane dotyczące charakterystyki wytworzonych kompozytów na osnowie miedzi wzmocnionych nanorurkami węglowymi metodą wysokotemperaturowego spiekania plazmowego w atmosferze ochronnej

argonu wraz z opisem badań metalograficznych (8.3.1) i opisem badań właściwości mechanicznych i fizycznych (8.3.2). Rozdział dziewiąty to dyskusja uzyskanych wyników i podsumowanie, a rozdział dziesiąty to konkretne wnioski potwierdzające założoną tezę.

Zamieszczona na końcu pracy bibliografia liczy 119 pozycji, w przeważającej części są to publikacje świeże, ponad połowa z nich wydana jest po roku 2010.

Rozprawę oceniam wysoko zarówno z merytorycznego punktu widzenia - prace dotyczyły nowego, nie poznanego do końca układu materiałowego miedź-nanorurki węglowe, jak i przyjętej metodologii prowadzenia badań - prawidłowo i szczegółowo zaplanowano i przeprowadzono eksperyment, z pełną weryfikacją uzyskanych wyników, przy zastosowaniu najnowocześniejszych technik.

Mam jednak kilka uwag:

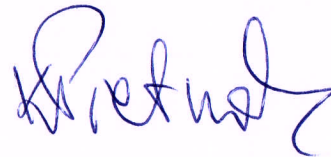
- (i) nie znalazłam żadnego uzasadnienia dla założonej w badaniach ilości fazy wzmacniającej (w pracy przyjęto 1 i 3%obj., niektóre badania prowadzono dla zawartości 5%),
- (ii) nie opisano w jakich zakresach analizowano warunki otrzymywania kompozytów i na jakiej podstawie przyjęto te, uznane za optymalne,
- (iii) brak pogłębionej analizy uzyskanych wyników. Nie znalazłam np. interpretacji faktu formowania (lub braku) warstwy przejściowej osnowa-wzmocnienie, zwłaszcza, że szczegółowo opisano obecność tlenu w mieszaninach proszkowych
- (iv) nie opisano w jakiej atmosferze prowadzono proces MS
- (v) w interpretacji wyników, a w szczególności w rozważaniach dotyczących porowatości materiałów kompozytowych, nie uwzględniono wpływu czynnika, jakim jest czas procesu (dziesięciokrotnie krótszy dla procesu SPS) i jego wpływu nie tylko na porowatość, ale na całą strukturę, w tym wielkość ziaren.

Recenzowana praca ma również pewne uchybienia i niezręczności natury edytorskiej, np. na str. 72 jest: „Dla 10% udziału”, a powinno być dla 1%, na str. 102 użyto sformułowania „w tym okresie czasowym”, na str.104 „najbardziej odpowiednim czasem mielenia kompozycji Cu+CNT powinien wynosić”, są to drobiazgi, ale wymagają korekty przy dalszych edycjach fragmentów pracy.

Wymienione uwagi zarówno natury merytorycznej, jak i edytorskiej nie umniejszają jakości przedstawionej do recenzji pracy, a są jedynie zachętą dla doktorantki do dalszych badań nad tak interesującymi materiałami.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Justyny Grzegorek, pt. „Wytwarzanie i charakterystyka kompozytów na osnowie miedzi wzmacnianych nanorurkami

węglowymi” w pełni spełnia wymagania aktualnie obowiązującej Ustawy o Tytule Naukowym i Stopniach Naukowych, konieczne do uzyskania stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa i wnoszę do Rady Naukowej Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. Aleksandra Krupkowskiego PAN o dopuszczenie doktorantki do dalszych etapów procedury przewodu doktorskiego.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Krupkowski', is centered on the page.