

Prof. Marta Błażewicz
Katedra Biomateriałów
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki
Akademia Górniczo-Hutnicza
30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30

Kraków 12.12.2015.

RECENZJA

dorobku naukowego i jedno-tematycznego cyklu publikacji pt. *Otrzymywanie, modyfikacja oraz przykłady zastosowań nanomateriałów węglowych*

Recenzja została opracowana na podstawie dokumentacji, zawierającej następujące materiały służące do jej wykonania:

-autoreferat Habilitantki, zestaw publikacji stanowiących podstawę do ubiegania się o stopień naukowy wraz z omówieniem osiągniętych wyników, zestaw kopii wybranych publikacji, oświadczenia współautorów oraz informacje o osiągnięciach organizacyjnych, dydaktycznych i współpracy naukowej.

1. Uwagi ogólne

Dr inż. Iwona Pełech studiowała na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej, gdzie w roku 2002 obroniła pracę magisterską, uzyskując stopień magistra inżyniera w specjalności technologia chemiczna. Tematem jej pracy magisterskiej była kinetyka nawęglania katalizatora żelazowego etanem i etanolem. W tym samym roku, mgr inż. Iwona Pełech rozpoczęła studia doktoranckie na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej na Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie.

Praca doktorska Habilitantki, realizowana pod kierunkiem pani profesor Urszuli Narkiewicz, dotyczyła badań procesu nawęglania nanokrystalicznego żelaza węglowodorami i została obroniona w 2007 roku. O wysokiej wartości pracy doktorskiej dr inż. Iwony Pełech świadczy fakt wyróżnienia jej przez Radę Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej, a

także przez Regionalne Centrum Innowacji i Transferu Technologii, jak również przez Polską Fundację Przedsiębiorczości.

Należy dodać, że pani dr inż. Iwona Pełech uzyskała wcześniej dyplom Studium Pedagogicznego, jak również dyplom w zakresie Marketingu i Strategii Marketingowych, wydany przez Agencję Rozwoju Gospodarczego w Poznaniu.

Od roku 2009 Habilitantka zatrudniona jest na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego, początkowo na etacie asystenta, następnie adiunkta, a od roku 2014 Habilitantka pełni funkcje Pełnomocnika Dziekana ds. Współpracy Dydaktycznej z Zagranicą.

2. Działalność naukowa

Działalność naukowa Habilitantki, związana jest z nanotechnologią. Zainteresowania badawcze pani dr inż. Iwony Pełech można streścić jako poszukiwania zależności pomiędzy metodami wytwarzania i funkcjonalizacji a właściwościami nanoform węgla, przeznaczonych dla różnych aplikacji materiałowych.

Dorobek naukowy dr inż. Iwony Pełech to prace związane z otrzymywaniem nanocząstek, zarówno nanocząstek jednofazowych, jak i cząstek hybrydowych, badania dotyczące ich modyfikacji, mającą na celu nadanie im określonych właściwości oraz projektowanie i wytwarzanie kompozytów na ich bazie.

Już w pierwszym etapie swojej pracy badawczej Habilitantka zdobywała doświadczenie, związane z nanotechnologią, pracując w grupach badawczych, które zajmowały się studiami nad nanocząstkami węgla żelaza oraz procesami karbonizacji z fazy gazowej, przebiegającej przy zastosowaniu nanokrystalicznych katalizatorów. W trakcie realizacji pracy doktorskiej rozwijała badania dotyczące zwłaszcza procesu wytwarzania nanoform węgla w procesie CVD, przy zastosowaniu etylenu, jako gazu reakcyjnego i nanokrystalicznych katalizatorów. Szczególnie interesujące wydają się prace Habilitantki w zakresie otrzymywania kompozytów epoksydowych oraz kompozytów z nanocząstkami węglowymi na bazie szeregu innych polimerów. Tej właśnie tematyki dotyczył grant prowadzony przez Habilitantkę przyznany w roku 2008 przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Oprócz dwóch projektów przyznanych przez MNiSW, w dwóch innych projektach badawczych dotyczących nanotechnologii, pani dr inż. Iwona Pełech była wykonawcą.

W roku 2012 została zatrudniona w charakterze głównego wykonawcy w grantie, realizowanym na uniwersytecie w Potro (Uniwersytet Porto, - FEUP, Chemical Engineering Department Portugalia), gdzie pracowała w grupie profesora Jose L. Figueiredo nad syntezą

oraz analizą właściwości katalitycznych kserozeli węglowych. Prace te dotyczyły modyfikacji powierzchniowej i charakterystyki uzyskanych materiałów w zakresie ich właściwości katalitycznych.

W roku 2013 Habilitantka otrzymała grant, przyznawany przez NCBiR dla młodych naukowców (LIDER), który dotyczył nanorurek węglowych wykorzystywanych jako napelniacze polimerów. Wytwarzanie nanokompozytów polimerowych, zawierających nanoformy węgla to zagadnienie trudne, wymagające całego szeregu badań związanych z wyznaczeniem kompatybilności nanododatku z matrycą polimerową. Jedynie określone rodzaje grup powierzchniowych czynią cząstki nanowęgla przydatne do modyfikacji polimerów, z kolei nanorurki węglowe to materiały, których chemiczna modyfikacja sprawia wiele trudności zarówno, jeżeli chodzi o rodzaj stosowanych metod, jak i kontrolę otrzymanego efektu. Badania zespołowe prowadzone przez Habilitantkę doprowadziły do opatentowania nowych rozwiązań materiałowych dotyczących wykorzystania nanorurek węglowych jako katalizatorów i nanokompozytów na ich bazie oraz oryginalnych metod oczyszczania nanorurek węglowych. Pani dr inż. Pełech jest laureatką dwóch wyróżnień i siedmiu nagród Rektora swojej macierzystej uczelni.

Dorobek naukowy Habilitantki to łącznie 45 publikacji, w tym 38 publikacji w czasopismach z listy Filadelfijskiej. Dorobek ten poszerzył się istotnie po uzyskaniu stopnia doktora i składa się na niego 29 publikacji, w tym 28 z listy JCR. Dorobek naukowy pani dr inż. Iwony Pełech to nie tylko publikacje w periodykach naukowych, ale również, jak już wspomniano, 3 patenty i 6 zgłoszeń patentowych. Na wyróżnienie zasługuje wysoka aktywność Habilitantki, która w trakcie swojej pracy na uczelni wielokrotnie uczestniczyła w licznych konferencjach naukowych, krajowych i zagranicznych. Łączny IF to 51,937 a indeks Hirscha Habilitantki wg. Bazy Web o Science - 7. Liczba cytowań wynosi 229 (bez autocytowań 195).

3. Analiza osiągnięć naukowych, stanowiących podstawę wniosku habilitacyjnego

Przedmiotem oceny jest jednotematyczny cykl publikacji zatytułowany; *Otrzymywanie, modyfikacja oraz przykłady zastosowań nanomateriałów węglowych.*

Jako podstawę wniosku habilitacyjnego Habilitantka przedstawiła zbiór 13- tu publikacji w czasopismach z Listy Filadelfijskiej. Publikacje, które wchodzi w skład osiągnięć pani dr inż. Pełech, zawarte są w czasopismach charakteryzujących się zróżnicowanym wskaźnikiem

cytowań, jest wśród nich czasopismo polskie o stosunkowo niskim IF, są czasopisma z grupy Open Access, jak i czasopisma o uznanej renomie w dziedzinie technologii chemicznej. Udział Habilitantki w poszczególnych publikacjach jest na ogół wysoki i wynosi od 25% do 100% w dwóch publikacjach jedno-autorskich, w czasopiśmie *Polish Journal of Chemical Technology* (IF-0,33) oraz w czasopiśmie; *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures* (IF-0,66). Tematyka prac przedstawionych do oceny związana jest z obszarem badań bardzo intensywnie eksplorowanym w ostatnich latach, dotyczy ona nanoform węgla, a zatem materiałów wymagających odpowiedniego warsztatu badawczego, jak i dobrego przygotowania merytorycznego, nie tylko w zakresie wytwarzania, ale i charakterystyki strukturalnej i chemicznej badanych materiałów.

Tematyka związana z nanoformami węgla jest szeroko opisywana w literaturze światowej, co oczywiście wynika z wysokiego potencjału aplikacyjnego tej nowej grupy materiałowej. Nanorurki węglowe to materiały, które w niedalekiej przyszłości mogą znaleźć szereg nowych zastosowań, nie tylko w wielu dziedzinach techniki, ale i w medycynie, m.in. w zakresie nowych metod terapii i diagnostyki. Nanorurki węglowe wytwarza się wieloma metodami wykorzystującymi w procesie produkcji katalizatory metaliczne i takimi, w których katalizatorów się nie używa. Zwłaszcza te drugie są perspektywnymi materiałami dla zastosowań medycznych. Główne problemy związane z tą nanoformą węgla dotyczą ich oczyszczania (węgiel, pozostałości katalizatorów metalicznych) oraz metod ich funkcjonalizacji. Ich funkcjonalizacja jest niezbędna w większości zastosowań nanorurek węglowych. Jednym z wielu problemów, związanych z naturą nanorurek węglowych jest, na przykład, w zależności od stosowanej metody wytwarzania, ich niejednorodność, przejawiająca się zróżnicowaną długością, średnicą, odmiennym stopniem zdefektowania, co bezpośrednio przekłada się na ograniczenia w zastosowaniu.

Niemniej jednak, wiele z podanych powyżej problemów, związanych z nanoformami węgla jest z powodzeniem rozwiązywanych, o czym świadczą liczne doniesienia literaturowe związane z nanotechnologią. Można zatem stwierdzić, że tematyka pracy pani dr inż. Iwony Pełech pozostaje w głównym nurcie badań w zakresie nanotechnologii.

W pierwszych trzech publikacjach Habilitantka przedstawia otrzymywanie nanorurek węglowych w procesie CVD. W komentarzu pisze o przewadze tej metody nad innymi, co potwierdza w opisywanych publikacjach, wskazując na wysoki potencjał tej metody, zwłaszcza, przy zastosowaniu dla określonych gazów reakcyjnych, nanokrystalicznych katalizatorów i odpowiednio dobranych pozostałych parametrów procesu CVD (np. skład fazy gazowej). Wszystkie trzy publikacje (H1, H2, H3) mają nie tylko podobny zakres

tematyczny, ale i podobną konstrukcję i opisują otrzymane materiały przy użyciu tych samych narzędzi badawczych. W artykule opublikowanym w *Applied Catalysis* (IF-3,67) opisano interesujące wyniki związane z rozkładem węglowodorów na kilku różnych katalizatorach, prowadzącym do wytwarzania szerokiej grupy nanocząstek, które następnie scharakteryzowano przy zastosowaniu metody XRD i mikroskopii TEM. Zbadano również budowę i skład różnorodnych form węgla, tworzących się w wyniku reakcji w fazie gazowej. W artykule o indeksie H3 (*Polish Journal of Chemical Technology* IF-0,474, poświęconym również wpływie katalizatora na rodzaj wytwarzanych nanorurek węglowych, zastosowano dodatkowo metodę Ramana. Metoda ta w przypadku materiałów węglowych pozwala na uzyskanie danych, niedostępnych w oparciu o inne pomiary. Niestety, wyraźną słabością opisu publikacji, związanych z wytwarzaniem CNT, jest brak odniesień do literatury, dotyczącej tematyki otrzymywania nanorurek węglowych. Habilitantka nie konfrontuje wyników, które uzyskała w swoich badaniach z danymi literatury światowej.

Jak już wcześniej wspomniano jednym z problemów dotyczących nanorurek węglowych, zwłaszcza tych otrzymanych w procesie CVD, jest konieczność ich oczyszczania. Dlatego też należy uznać za w pełni uzasadnione prowadzenie równoległe badań nad wytwarzaniem i oczyszczaniem nanorurek węglowych. Proces ten, w wyniku którego usuwa się wszelkie zanieczyszczenia metaliczne i węglowe, jest niezbędny dla większości zastosowań tego materiału. Metody oczyszczania nanorurek węglowych przedstawione są w publikacjach oznaczonych indeksami H4-H7. Dwie pierwsze (H4, H5) dotyczą procesu uwodorniania, jako jednego z elementów metody oczyszczania nanorurek węglowych oraz porównania skuteczności uwodorniania z utlenianiem w zakresie usuwania zanieczyszczeń metalicznych. Oba z artykułów, zarówno wcześniejszy z roku 2011 w czasopiśmie *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* (IF-1,339), jak i późniejszy z roku 2013 w czasopiśmie *Fullerenes, Nanotubes and Nanostructures* (IF-0,644) dotyczą materiałów węglowych, otrzymanych w wyniku zastosowania mieszaniny etylen/argon w stosunku 1:1 w temperaturze 700⁰C mają podobny układ, sprowadzający się do opisu zjawisk towarzyszących złożonemu procesowi oczyszczania nanorurek węglowych, które to procesy analizowane są metodami dyfrakcyjnymi, termicznymi i mikroskopowymi.

Badania, prowadzone przez Habilitantkę w zakresie oczyszczania nanorurek węglowych, opisane w następnych dwóch publikacjach, dotyczą metody wspomaganiej mikrofalami. Na wyróżnienie zasługuje tu praca, która została opublikowana w czasopiśmie *Separation and Purification Technology* (IF-3,056), której pierwszym autorem jest Habilitantka. Praca ta przedstawia interesujący zbiór wyników dotyczący nowatorskiej metody oczyszczania

nanorurek węglowych, odniesiony do nanocząstek węglowych, wytworzonych na kilku różnych katalizatorach w procesie CVD.

Obok oczyszczania nanorurek węglowych, kolejnym etapem ich obróbki, bezpośrednio łączącym się z tym procesem, jest ich funkcjonalizacja.

Funkcjonalizacja nanorurek węglowych to zagadnienie niezwykle istotne dla późniejszych zastosowań. Zostało ono wyczerpująco opisane w literaturze, powszechnie znane są ograniczenia i możliwości wielu metod obróbki nanoform węgla oraz sposoby ich klasyfikowania ze względu na charakter wiązań z powierzchnią nanorurki, jak i wpływu na stan warstwy grafenowej.

Dwie publikacje, z jedno-tematycznego cyklu, dotyczą tego właśnie zagadnienia. Opisują metodę chlorowania nanorurek węglowych, która prowadzi do funkcjonalizacji i równocześnie ich oczyszczania. W obu tych artykułach publikowanych, kolejno w *Journal of Materials Resarch* (IF-1,713) i *Journal of Nanomaterials* (IF-0,611), przedstawiona jest dobrze udokumentowana metoda obróbki chemicznej nanorurek węglowych, poparta wynikami spektroskopii elektronów XPS. Podobnie jak uprzednio, Habilitantka w komentarzu do publikacji w żaden sposób nie odnosi swoich osiągnięć do stanu wiedzy w zakresie funkcjonalizacji nanorurek węglowych.

Nanorurki węglowe, których funkcjonalizacje opisano w artykułach H8 i H9 zostały wykorzystane do konstrukcji nanokompozytów na bazie epoksydów. Należy zauważyć, że tego rodzaju materiały są intensywnie opisywane w literaturze, natomiast to nie zmienia faktu, że badania nad nimi należy uznać za w pełni uzasadnione, ze względu na ich wysoki potencjał aplikacyjny.

Następne prace określone przez Habilitantkę, jako podstawa wniosku habilitacyjnego, dotyczą bardzo interesujących, nowatorskich rozwiązań w zakresie modyfikacji i wytwarzania nanocząstek hybrydowych, w artykułach tych pisywane są układy zbudowane z nanorurek węglowych opłaszczanych krzemionką i metalizowane złotem oraz magnetyczne materiały uzyskiwane na bazie nanorurek węglowych. Te dwa artykuły, opublikowane w *Journal of Material Science* (IF-2,305), to cenne prace spełniające wszelkie standardy w zakresie nowatorskich rozwiązań nanotechnologicznych, przeznaczonych dla licznych zastosowań, w obszarze sensorów oraz materiałów dla ochrony środowiska. Na uwagę zasługuje fakt, że udział Habilitantki, jak jest napisane we wniosku, dotyczył postawienia koncepcji badań oraz analizy wyników.

Ostatni z artykułów (H13) dotyczący kserożeli węglowych to praca poświęcona modyfikacji powierzchni węgla ugrupowaniami karbonylowo-chinonowymi. Praca ta, w

której Habilitantka jest pierwszym autorem, opublikowano w czasopiśmie *Catalysis Today* (IF-3,309).

Podsumowując, przedstawiony przez panią mgr Iwonę Pełech jednotematyczny zbiór publikacji stanowi spójną całość, dotyczącą metod otrzymywania nanorurek węglowych, metod ich oczyszczania i funkcjonalizacji, a w dalszej kolejności, wskazującą na szereg zastosowań tego rodzaju materiałów w wytwarzaniu nanokompozytów polimerowych oraz wielofunkcyjnych nanocząstek hybrydowych.

Zbiór publikacji wskazuje na to, iż Autorka i Współautorka przedstawionych w cyklu publikacji, swoimi pracami badawczymi **wniosła istotny wkład w dziedzinę nauk technicznych, w dyscyplinie technologia chemiczna**, w zakresie wytwarzania i funkcjonalizacji nanoform węgla. Omówienie wyników zawartych w zebranych publikacjach, posiada pewne słabe strony, które nie wpływają w istotny sposób na ocenę dorobku Habilitantki. Jak już wspomniano wcześniej, Autorka komentarza (autoreferatu) nie odniosła się w nim do żadnych pozycji literaturowych z dziedziny, której dotyczyły przedstawione przez nią wyniki, nie wykazała tym samym oryginalności prowadzonych badań, nie przedstawiła również wniosków o charakterze ogólnym, podsumowującym prowadzone przez siebie badania, ograniczyła się jedynie do przedstawienia w punktach poszczególnych osiągnięć, związanych z tematyką poruszaną w poszczególnych artykułach.

4. Charakterystyka dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej

Pani dr inż. Iwona Pełech była promotorem 3 prac magisterskich i dwóch prac inżynierskich. Jest aktualnie promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim, w ramach którego realizowana jest praca nad materiałami węglowymi, stosowanymi w kompozytach polimerowych. Zaangażowana jest w edukację studentów, kształcących się w ramach projektu Erasmus.

Prowadzi i samodzielnie przygotowuje wykłady, zajęcia audytoryjne, jak i zajęcia laboratoryjne. Wykłady, prowadzone przez panią dr inż. Iwonę Pełech dotyczą tematyki, związanej z zarządzaniem zasobami ludzkimi, *public relations*, marketingiem, oraz podstawami ekonomii i zarządzania. Zajęcia audytoryjne związane są również z tą tematyką. Natomiast zajęcia laboratoryjne to; technologie informatyczne, techniki badawcze, jak również nanomateriały funkcjonalne, nanokataliza i nanokatalizatory, termodynamika techniczna, czy zjawiska powierzchniowe. Te niezwykle zróżnicowane tematycznie zajęcia

dydaktyczne, nie tylko prowadzone są przez Habilitantkę, ale również zostały przez nią przygotowane merytorycznie.

Pani dr inż. Iwona Pełech wygłosiła również wykłady dotyczące nanotechnologii, a zwłaszcza węglowych nanomateriałów o charakterze popularyzatorskim, wykłady takie wygłaszała, między innymi na Politechnice Częstochowskiej, czy w Centrum Innowacji i Transferu Politechniki Szczecińskiej. Habilitantka pracowała w komitetach organizacyjnych trzech konferencji naukowych, jednej międzynarodowej i dwóch krajowych.

Wniosek końcowy

Na podstawie oceny jednotematycznego cyklu publikacji i dorobku naukowego dr inż. Iwony Pełech uważam, że jest ona w pełni samodzielnym badaczem. Jej dotychczasowe osiągnięcia naukowe uzasadniają ubieganie się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

Dorobek naukowy Habilitantki jest znaczący i wyraźnie powiększony po obronie pracy doktorskiej. Dorobek ten jest potwierdzony oświadczeniami współautorów, wskazując jednoznacznie na znaczący udział Habilitantki w jego tworzenie.

Z tego też względu przedstawiam wniosek do Rady Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej, Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie o kontynuowanie procedury w związku z wszczętym postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr inż. Iwonie Pełech.

