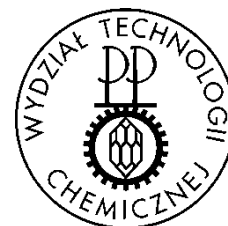




**prof. dr hab. Elżbieta Frąckowiak**

Politechnika Poznańska  
Instytut Chemii I Elektrochemii Technicznej  
Piotrowo 3, 60-965 Poznań



T: +48 61 665 36 32 F: ++48 61 665 37 91  
E - mail: [Elzbieta.Frackowiak@put.poznan.pl](mailto:Elzbieta.Frackowiak@put.poznan.pl)

Poznań, 25.11.2014 r.

**Opinia  
dotycząca rozprawy habilitacyjnej oraz dorobku naukowego**

**dr. Michała Bystrzejewskiego**

**w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego**

Dr Michał Bystrzejewski ukończył studia na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego w maju 2004 roku. Dyplom doktora nauk chemicznych został nadany na tym samym Wydziale 14 maja 2008r., a tytuł rozprawy doktorskiej to: "Synteza nanorurek węglowych z materiałów węglowych o różnym stopniu grafityzacji". Promotorem zarówno pracy magisterskiej pt. „Synteza nanokapsułek węglowych z grafitu i materiałów magnetycznych w łuku elektrycznym” jak i doktorskiej był prof. dr hab. Hubert Lange – wybitny specjalista z dziedziny nanomateriałów węglowych.

Rozprawa habilitacyjna dr. Michała Bystrzejewskiego to monotematyczny cykl 18 publikacji z listy Journal Citation Reports stanowiący kontynuację poprzednich badań nad materiałami węglowymi.

Tytuł osiągnięcia naukowego to:

**„Synteza, właściwości fizykochemiczne i zastosowania wybranych magnetycznych hybrydowych nanomateriałów węglowych”**

Tematyka prac dotyczy otrzymywania różnorodnych materiałów węglowych, wzbogacanie ich metalami, szczegółowa charakterystyka oraz poszukiwanie praktycznych zastosowań dla takich hybrydowych połączeń. Jednym z takich materiałów są sferoidalne nanocząstki zbudowane z koncentrycznie zwiniętych płaszczyzn grafenowych i zawierające w samym środku kryształy fazy magnetycznej. Najczęściej stosowanym metalem o magnetycznych właściwościach było żelazo wbudowane w materiały węglowe o nanometrycznej skali. Prekursorem cząstek Fe była anoda łuku elektrycznego z udziałem żelaza, tlenek żelaza, czy ferrocen. Innym interesującym materiałem, którym Kandydat poświęcił uwagę w swoich pracach są nanorurki węglowe i ich różnorodne modyfikacje. Najczęściej stosowaną metodą do preparatyki nanostrukturalnych materiałów węglowych było wykorzystanie łuku elektrycznego oraz strumienia plazmy termicznej a prekursorem węglowym był materiał anody, antracen, alkohole, heksan, toluen czy ferrocen pełniący rolę prekursora zarówno węgla, jak i kapsułkowanego w nim żelaza.

Autor prac oprócz syntezy nanostrukturalnych materiałów węglowych wzbogaconych metalem dużo uwagi poświęcił optymalizacji procesu, określeniu jego wydajności i selektywności, jak również szczegółowej charakterystyce finalnego produktu. Heterogenne a zarazem magnetyczne klastery węglowe Habilitant wykorzystał głównie w procesach sorpcji, katalizie, jak również w biomedycznych aplikacjach.

### **Działalność naukowa dr. Michała Bystrzejewskiego**

Działalność naukowa dr. Michała Bystrzejewskiego jest związana ściśle z Uniwersytetem Warszawskim, gdzie jest on zatrudniony od października 2008 r. do chwili obecnej na etacie adiunkta w Pracowni Fizykochemii Nanomateriałów. Analizując dorobek publikacyjny należy stwierdzić, że dr Michał Bystrzejewski znacznie rozszerzył go po uzyskaniu stopnia naukowego doktora.

Tematykę habilitacji dra Michała Bystrzejewskiego uważam za bardzo interesującą. Warto podkreślić, że w cyklu 18 wybranych publikacji udział Habilitanta (udokumentowany oświadczeniami współautorów) jest znaczny i wynosi od 50% do 75%; za wyjątkiem 3 prac (**H5, H10, H16**) o zaangażowaniu odpowiednio 45%, 40% i 20%. Najczęściej pełnił on w nich rolę inspirującą, był autorem koncepcji, planował i wykonywał eksperymenty, interpretował wyniki badań oraz przygotowywał szkice publikacji. Bardzo istotny jest fakt, że w 16 publikacjach dr Michał Bystrzejewski pełnił rolę autora korespondencyjnego co świadczy o jego dużej samodzielności naukowej. Warto zaznaczyć, że w pracach **H9** i **H17** jest on jedynym autorem.

Łączny współczynnik oddziaływania IF artykułów zaliczonych do cyklu habilitacyjnego wynosi 41,591 (zgodnie z rokiem opublikowania). Podczas gdy sumaryczny impact factor IF wg JCR dla 61 publikacji spoza cyklu habilitacyjnego wynosi 122,732.

Należy zauważyć, że większość prac naukowych opublikowana jest w renomowanych czasopismach z listy filadelfijskiej o zasięgu międzynarodowym, np. *Carbon, Journal of Materials Chemistry A, Journal of Physics D; Applied Physics, Powder Technology, Electrochemistry Communications, Nanotechnology, Materials Letters, Material Chemistry and Physics, Colloids & Surfaces A, Journal of Solid State Chemistry, Materials Research Bulletin, New Carbon Materials*.

Reasumując, dorobek publikacyjny Kandydata jest bardzo dobry. Na uwagę zasługuje fakt, że obecnie (listopad 2014) wskaźniki bibliometryczne Habilitanta uległy dalszemu wzrostowi. Całkowita liczba publikacji to 82 artykuły z 1065 cytowaniami i indeksem Hirscha  $H=17$  (SCOPUS). Oznacza to, że prace te są wartościowe a tematyka badawcza aktualna i zauważalna w świecie naukowym. Szybki rozwój naukowy dr. Bystrzejewskiego jest doskonałą przesłanką, że po kilku latach Habilitant będzie mógł ubiegać się o tytuł naukowy.

Z pewnością do wysokiego poziomu naukowego Habilitanta przyczyniły się kontakty zagraniczne. Na szczególną uwagę zasługuje współpraca dr. Michała Bystrzejewskiego z ośrodkiem naukowym w Dreźnie. Pobyt naukowy był świetnym bodźcem do rozwinięcia jego kariery naukowej. Pozwolił na zdobycie unikatowego doświadczenia, przyczynił się do rozszerzenia horyzontów naukowych, owocnej współpracy i opublikowania wielu wspólnych artykułów.

Analizując prace naukowe Habilitanta należy stwierdzić, że jest to osoba ambitna, zdolna do samodzielnej pracy naukowej. Prace [H1-H11] dotyczą szczegółowej analizy warunków tworzenia magnetycznych nanokapsulek węglowych za pomocą różnych metod, głównie łuku elektrycznego i ablacji laserowej. Natomiast pozostałe prace wiążą się przede wszystkim z zastosowaniem tych materiałów w procesach sorpcji metali lub kompleksów metali.

W pracy H1 Habilitant koreluje wpływ składu anody (7,5-65%at. Fe) na zawartość Fe w finalnym produkcie, wydajność procesu syntezy nanokapsulek, morfologię, wielkość ziaren, stopień grafityzacji a także właściwości magnetyczne. Kandydat udowodnił, że jedynie skład chemiczny anody determinuje selektywność procesu a jakościowy skład fazowy nanokapsulek nie zależy od składu anody ani od mocy układu. Istotnym faktem jest również ustalenie przez niego parametrów w celu uzyskania doskonałej powtarzalności procesu. W pracy H2 natomiast Habilitant przeprowadził analizę spektroskopową (absorpcyjną i emisyjną) składu plazmy węglowej, rozkładu temperatur i zawartości rodnika węglowego C<sub>2</sub> oraz prężności równowagowej gazu węglowego. Warto podkreślić, że systematyczne badania plazmy łuku węglowego należą w świecie do rzadkości. Praca H3 dotyczy poszukiwania warunków syntezy węglowych nanokapsulek magnetycznych z ograniczoną ilością amorficznego węgla jako produktu ubocznego. Znaczna eliminacja węgla amorficznego została uzyskana przez równoczesne wprowadzenie węglowodorów (heksan, toluen) i tlenu do gazu plazmowego lub alkoholi zawierających tlen. W tych warunkach następowało efektywne utlenianie węgla amorficznego a nanokapsułki cechowały się lepszymi właściwościami magnetycznymi. Praca H4 poświęcona jest wytwarzaniu nanokapsulek węglowych z fazą magnetyczną Fe o ściśle kontrolowanych wymiarach. W nieoczekiwany sposób okazało się, że im większe uziarnienie proszku żelaza w strumieniu plazmowym z etanolem tym mniejsze średnice kapsulek (5-10 nm). Habilitant wykazał również korzystny wpływ dodatku helu w procesie wymiany ciepła pomiędzy ziarnami proszku Fe i strumieniem plazmy.

Następne prace H5, H6, H7, H9 dotyczą poszukiwania organicznych i nieorganicznych prekursorów węgla i żelaza (antracen, ferrocen, tlenek żelaza). Związek metaloorganiczny (ferrocen) okazał się szczególnie interesującym źródłem zarówno rdzenia Fe, jak i fazy węglowej (H5, H7). Jednakże proces pirolizy laserowej ferrocenu był mniej selektywny. Oprócz magnetycznych nanokapsulek produktem pirolizy były również wielościenne nanorurki węglowe. Z kolei praca H6 dotyczy antracenu jako prekursora węglowego przy użyciu lasera gazowego na bazie dwutlenku węgla. W tych warunkach otrzymano duże nisko-grafityzowane nanosfery węglowe o średnicach od 100 nm do 400 nm. Prace H8 i H11 to interesujący przegląd warunków niskotemperaturowej syntezy nanokapsulek z Fe poświęcony wydajności i selektywności procesu oraz składu fazowego. W pracy H10 do charakterystyki fazy magnetycznej Habilitant wykorzystał niezwykle przydatną metodę spektroskopii Mössbauera. Dostarczyła ona więcej informacji o składzie fazowym (żelazo alfa, gamma, stopy) aniżeli rentgenograficzna dyfrakcja proszkowa.

Dalszy ciąg prac habilitacyjnych H12, H13, H14, H15, H17 dotyczy zastosowań nanokapsulek magnetycznych jako mobilnych sorbentów metali ciężkich (Cu, Co, Cd, Au) z wodnych roztworów. W tym przypadku możliwe jest szybkie oddzielenie sorbentu od oczyszczanego roztworu za pomocą magnezu. W ten sposób eliminowane są procesy dekantacji, wirowania czy filtracji.

Dr Bystrzejewski w pracy **H13** porównuje nanokapsułki z innymi potencjalnymi sorbentami (węglem aktywnym, nanorurkami węglowymi). Oczywiście jest fakt, że mezoporowate materiały będą spełniały lepiej właściwości sorbentów szczególnie po poprzedniej funkcjonalizacji tlenowymi grupami kwasowymi. Jednakże, pomimo interesujących wyników uzyskanych w skali laboratoryjnej osobiście uważam, że trudno spodziewać się szerszego praktycznego zastosowania takich kapsułkowanych magnetycznych materiałów w procesach sorpcji biorąc pod uwagę ekonomiczne względy. Otrzymywanie ich jest dość skomplikowane, często polega na użyciu łuku elektrycznego czy lasera. Szczególnie trudno wyobrazić sobie aby takie unikatowe materiały węglowe o magnetycznych właściwościach mogły konkurować w sorpcji zanieczyszczeń w postaci metali ciężkich z bardzo tanim, powszechnie stosowanym materiałem sorpcyjnym, jakim jest węgiel aktywny. Aczkolwiek zgadzam się, że w takich zastosowaniach gdzie koszty nie odgrywają zasadniczej roli nanokapsułki węglowe o magnetycznych właściwościach mogą odegrać kapitalną rolę (medycyna, sensory etc.).

Praca **H16** poświęcona jest wykorzystaniu pola magnetycznego nanokapsułek w celu modyfikacji zjawiska transportu na powierzchni elektrody. Habilitant udowadnia korzystny wpływ pola magnetycznego na elektrokatalityczne procesy redoks zachodzące na elektrodzie. Ostatnia z prac **H18** to rozdział w książce wydawnictwa Springer-Verlag na temat węglowych i ceramicznych nanostrukturalnych materiałów.

Należy zaznaczyć, że publikacje nie ujęte w zbiorze 18 prac habilitacyjnych są również bardzo wartościowe, często dotyczą one zbliżonej tematyki. Ukazały się również w prestiżowych czasopismach. Za niezwykle cenne należy uznać współautorstwo dr. Michała Bystrzejewskiego w kilku rozdziałach/książkach.

Wyniki prac badawczych były wygłaszane przez Habilitanta 9-krotnie, głównie w Polsce. Podsumowując dorobek naukowy dr. Michała Bystrzejewskiego uważam, że jest on bardzo solidny.

### **Działalność dydaktyczna i organizacyjna**

Dr Michał Bystrzejewski jest zaangażowanym pracownikiem dydaktycznym. Posiada twórcze podejście w zajęciach dydaktycznych. Był opiekunem kilku prac dyplomowych, dotychczas nie pełnił jeszcze roli opiekuna ani promotora pomocniczego doktorantów.

Habilitant wykazuje bardzo dużą aktywność w pozyskiwaniu i kierowaniu projektami badawczymi. Uczestniczył w 10 projektach badawczych (w dwóch jako kierownik). O jego dużej samodzielności naukowej świadczy uzyskanie prestiżowego projektu LIDER finansowanego przez NCBR. Do sukcesu należy zaliczyć także otrzymanie stypendium START przyznanego przez Fundację na Rzecz Nauki Polskiej dla wybitnych młodych naukowców w 2007 roku.

Dr Michał Bystrzejewski współpracował z ośrodkami zagranicznymi, główną jednostką naukową jest IFW-Leibniz Institut for Solid State and Materials Research w Dreźnie (dr Mark Rummeli i prof. Thomas Pichler (IFW i Uniwersytet we Wiedniu). Współpraca z tym ośrodkiem naukowym została rozpoczęta w trakcie studiów doktoranckich a następnie kontynuowana. Pobyty naukowe pozwoliły na zapoznanie

się z laserami ciągłymi i impulsowymi, np. gazowym laserem CO<sub>2</sub>, spektroskopią ciała stałego, technikami mikroskopowymi etc. Owocem współpracy są liczne publikacje (14). Habilitant współpracuje też z estońską grupą badawczą w tematyce magazynowania energii (dr M. Arulepp).

Warto zaznaczyć, że dr Michał Bystrzejewski wykazuje wszechstronne zainteresowania naukowe. Rozwija on intensywną współpracę z polskimi placówkami naukowymi, np. z Wojskową Akademią Techniczną, Politechniką Warszawską w zakresie poszukiwania tanich metod wytwarzania szklanego węgla jako nośnika masy czynnej akumulatora kwasowego, aerożelu węglowego, węgla mikroporowatych czy kowalencyjnego wiązania ligandów w postaci pochodnych tlenków nitryli do powierzchni materiału węglowego. Szczególnie ciekawe są zaawansowane badania medyczne nad wykorzystaniem magnetycznych nanokapsułek węglowych w celu monitorowania tkanek objętych zmianami nowotworowymi. Te niezwykle interesujące badania prowadzone są we współpracy z prof. Grudzińskim (Warszawski Uniwersytet Medyczny) i dr Popławską z Politechniki Warszawskiej. Udowodniono, że magnetyczne kapsułki mogą doskonale spełniać rolę środka kontrastującego, szczególnie po wprowadzeniu do nich linkerów alifatycznych. Oprócz efektu kontrastującego badania dotyczą immobilizacji przeciwciał oraz oszacowania cytotoksyczności.

Należy dodać, że Autoreferat Habilitanta jest starannie przygotowany. Jednakże można znaleźć pewne błędy, oto kilka przykładów.

- W tytule pracy **H17** Autor pisze "carbon materials" podczas gdy w oryginalnym tytule publikacji jest "carbon sorbents"
- Na str.13 Habilitant pisze, że ferrocen to Fe(CO)<sub>5</sub> podczas gdy ferrocen posiada inny wzór Fe(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>
- W pracy **H6** autorem jest T. Pichler a nie T. Picher
- kilkakrotnie "polegał na stworzenie" a powinno być "polegał na stworzeniu"

W podsumowaniu uważam, że rozprawa habilitacyjna stanowi znaczący wkład w zakresie badań podstawowych i stosowanych nad heterogennymi strukturami węgla wzbogaconymi metalami o magnetycznych właściwościach. Całokształt dorobku czyli działalność naukowa, dydaktyczna i organizacyjna dr. Michała Bystrzejewskiego spełnia wymagania ustawowe do nadania mu stopnia doktora habilitowanego. Wniosuję o dopuszczenie Kandydata do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Prof. dr hab. Elżbieta Frąckowiak