

Poznań, 11 lipca 2019 r.

RECENZJA

osiągnięć naukowych oraz aktywności naukowej i dydaktycznej

dr. Zbigniewa Śniadeckiego

w związku z wnioskiem o wszczęcie postępowania habilitacyjnego

na podstawie zbioru publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe zatytułowane:

„Termodynamiczne aspekty nieporządku strukturalnego i jego wpływ na magnetyzm wybranych stopów na bazie kobaltu”

Sylwetka naukowa Habilitanta

Dr inż. Zbigniew Śniadecki w 2004 roku uzyskał stopień magistra fizyki technicznej w zakresie fizyki materiałów i nanotechnologii na Wydziale Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej. Natomiast stopień doktora nauk fizycznych otrzymał w 2009 roku w Instytucie Fizyki Molekularnej PAN. Pracę doktorską na temat „Własności strukturalne, magnetyczne i transportowe amorficznych stopów i międzymetalicznych związków $\text{DyMn}_{6-x}\text{Ge}_{6-x}\text{Fe}_x\text{Al}_x$ ($0 \leq x \leq 6$)”, podobnie jak magisterską, wykonał pod kierunkiem Prof. dr hab. Bogdana Idzikowskiego. Od początku 2010 roku, do chwili obecnej, zatrudniony jest na stanowisku adiunkta w Zakładzie Stopów Magnetycznych IFM PAN. W latach 2013/2014 odbył roczny staż naukowy w Institut für Nanotechnologie, Karlsruhe Institut für Technologie (INT KIT), Eggenstein-Leopoldshafen, Niemcy.

Ocena osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe dr inż. Zbigniew Śniadecki przedłożył monotematyczny zbiór dziesięciu prac opublikowanych w renomowanych czasopismach naukowych związanych z fizyką ogólną, doświadczalną i stosowaną (Phys. Rev. B – 1 praca, Acta Phys. Polon. – 2 prace, J. Appl. Phys. -1 praca) oraz z zagadnieniami z pogranicza fizyki i inżynierii materiałowej (J. Alloys and Compd. – 3 prace, Matter. Lett. -1 praca, Appl. Phys. A-Mater. Sci. Process. – 1 praca, Mater. Character. – 1 praca). Prace te zostały opublikowane w stosunkowo krótkim czasie, to jest w latach 2014-2018 i stanowią konsekwentnie realizowaną koncepcję badawczą. Należy przy tym zaznaczyć, że w tym samym okresie dr Z. Śniadecki występuje jako współautor dalszych 16 publikacji. Wśród tych prac jest siedem, w których udział Habilitanta był znaczący (30% lub więcej wg. oświadczeń w dorobku Habilitanta).

Przedmiotem badań w publikacjach stanowiących osiągnięcie Habilitanta są stopy stanowiące modyfikację stopu YCo_2 . Natomiast celem badań było określenie dla tych stopów korelacji pomiędzy stopniem nieporządku strukturalnego lub chemicznego a ich właściwościami magnetycznymi.

Wybór badanych stopów podyktowany był tym, że YCo_2 jest paramagnetykiem Pauliego, którego właściwości magnetyczne mogą być modyfikowane poprzez wprowadzenie

nieporządku. Z tego powodu drugim, pobocznym, ale równie ważnym, celem badań dr. Śniadeckiego było określenie wpływu, jaki na strukturę stopu YCo_2 ma podstawienie w miejsce Y i Co innych pierwiastków metalicznych lub dodanie trzeciego składnika.

Metody eksperymentalne wybrane przez Habilitanta do osiągnięcia celu, polegały na wykorzystaniu różnych technik preparatyki stopów (szybkie chłodzenie z fazy ciekłej, skręcanie pod wysokim ciśnieniem) oraz wykorzystaniu umiejętnie dobieranych metod pozwalających określić: strukturę próbek (pomiar dyfrakcyjne, spektroskopia Mössbauerowska, pomiar gęstości), przemiany zachodzące pod wpływem temperatury (różnicowa kalorymetria skaningowa), właściwości magnetyczne (statyczne i dynamiczne pomiary magnetometryczne realizowane w szerokim zakresie temperatur).

Niezależnie od badań doświadczalnych dr Z. Śniadecki realizował prace o charakterze teoretycznym, których głównym celem było określenie, na bazie półempirycznego modelu Miedemy, zdolności do tworzenia fazy szklistej (GFA – glass forming ability). Pozostałe badania teoretyczne, dotyczące obliczeń z pierwszych zasad (prace [H4] i [H10]) nie były realizowane przez Habilitanta.

Najważniejsze rezultaty zbioru prac przedłożonych przez dr. Zbigniewa Śniadeckiego, jako osiągnięcie naukowe, można podzielić na dwie grupy.

Pierwsza dotyczy badań strukturalnych, ze szczególnym uwzględnieniem zdolności badanych związków do zeszklenia i obejmuje prace [H1], [H2], [H3], [H7], [H9]. Na podstawie modelu Miedemy dr Śniadecki opracował diagramy fazowe określające entalpie tworzenia fazy amorficznej i roztworów stałych oraz inne parametry istotne z punktu widzenia określenia stopnia uporządkowania strukturalnego w szerokiej gamie stopów typu (Y,Hf,Cr)-(Co,Ni,Fe)-(B,Si) wytwarzanych metodą szybkiego chłodzenia z fazy ciekłej. Wyniki badań, potwierdzone pomiarami strukturalnymi i kalorymetrycznymi, pozwoliły: określić składy stopów, dla których prawdopodobieństwo uzyskania fazy amorficznej jest największe, wykazać, jakie pary pierwiastków w trójskładnikowych stopach mają kluczowy wpływ na GFA i określić, jakie fazy mogą się tworzyć podczas krystalizacji poszczególnych stopów. Wyniki tej części badań Habilitanta mają istotne znaczenie dla optymalizacji procesu technologii wytwarzania określonych stopów metodami szybkiego chłodzenia z fazy ciekłej i były wykorzystane podczas przygotowania taśm do badań magnetycznych.

Druga grupa, prace [H1], [H4], [H5], [H6], [H8], [H10], dotyczy realizacji głównego celu badań dr. Śniadeckiego, czyli zbadania właściwości magnetycznych stopów, ze szczególnym uwzględnieniem określenia wpływu, jaki ma na te właściwości uporządkowanie strukturalne.

Wyniki prezentowane przez Habilitanta w pracy [H1] wykazały, że taśmy $Y_8Co_{62}B_{30}$, $Ho_8Co_{62}B_{30}$ i $Tb_8Co_{62}B_{30}$ wykazujące amorficzną strukturę są ferromagnetykami dla stopu z Y i sperrimagnetykami dla pozostałych dwóch stopów. Wykazano ponadto, że amorficzny stop z Y ma wyższe wartości tzw. wydajności chłodniczej niż międzymetaliczne fazy o podobnym składzie.

Dla amorficznych ferromagnetycznych taśm $Y_8Co_{62}B_{30}$ dr Śniadecki przeprowadził bardzo systematyczne pomiary magnetyczne w zakresie temperatur odpowiadających przejściu od stanu ferromagnetycznego do paramagnetycznego i na ich podstawie określił rodzaj przejścia fazowego, wyznaczył temperaturę Curie oraz wartości wykładników krytycznych [H8].

Najważniejsze z punktu widzenia realizacji celu, są moim zdaniem, trzy prace Habilitanta [H4], [H5], [H10], w których badane były właściwości magnetyczne stopu YCo_2 oraz stopów, w których Y był podstawiany przez Nb i Ti ($Y_{0.9}Nb_{0.1}Co_2$ i $Y_{0.9}Ti_{0.1}Co_2$) lub Gd ($Y_{1-x}Gd_xCo_2$ ($0 \leq x \leq 1$)). Wszystkie próbki były w postaci taśm/płatków wytworzonych metodą szybkiego chłodzenia z fazy ciekłej, przy czym taśmy YCo_2 , badane w pracy [H10], poddane były dodatkowo odkształceniom plastycznym (skręcaniu pod wysokim ciśnieniem – HPT- high pressure torsion) w celu zredukowania uporządkowania struktury. W pracy [H4] pokazano, że YCo_2 , jak również taśmy domieszkowane Nb i Ti, wykazują uporządkowanie magnetyczne,

przy czym namagnesowanie znacząco wzrasta dla próbek domieszkowanych. Kształt pętli histerezy dla domieszkowanych stopów wskazuje na obecność dwóch faz. W przeciwieństwie do wyniku eksperymentu, obliczenia ab-initio, prowadzone w tej pracy, wyższą stabilność fazy uporządkowanej magnetycznie wykazały jedynie dla stopu domieszkowanego Ti. Jako przyczynę rozbieżności autorzy podają nie uwzględniony w obliczeniach wzrost gęstości defektów strukturalnych. Ich wpływ, niezależnie od stężenia Gd, na właściwości magnetyczne stopu $Y_{1-x}Gd_xCo_2$ zmierzone w szerokim zakresie temperatur, a przypadku podatności również częstotliwości, jest dyskutowany w pracy [H5]. Autorzy tej pracy pokazali, że temperatura Curie badanego związku jest zdeterminowana przez oddziaływanie pomiędzy Gd i Co i rośnie liniowo ze wzrostem stężenia Gd. Natomiast zmiana położenia niskotemperaturowego piku w temperaturowej zależności podatności, związana ze stosowaną w pomiarze częstotliwością zmian pola magnetycznego pokazuje, że badane taśmy wykazują zarówno właściwości superparamagnetyczne jak i szkła spinowego.

Najważniejsze wyniki badań dotyczących wpływu struktury na właściwości magnetyczne dr Zbigniew Śniadecki przedstawił w pracy [H10]. Istotną zaletą eksperymentalnej części tej pracy było zastosowanie HPT w celu wprowadzenia zmian strukturalnych taśm YCo_2 . Ta metoda modyfikacji struktury taśm otrzymanych metodą szybkiego chłodzenia z fazy ciekłej, spowodowała silne zmniejszenie rozmiaru krystalitów oraz poszerzenie refleksów dyfrakcyjnych wywołane naprężeniami, których źródłem są wprowadzone podczas HPT defekty strukturalne. Ponadto dokładna analiza dyfraktogramów taśm przed procesem HPT pozwoliła wykazać, że poza klasterami YCo_2 (struktura $MgCu_2$) występują klasterzy fazy YCo_5 (struktura $CaCu_5$). Takie niejednorodności struktury zdaniem Habilitanta są odpowiedzialne za występowanie uporządkowania magnetycznego typu szkło spinowe. Pomiary dyfrakcyjne nie wykluczyły obecności fazy amorficznej, jednak brak jakichkolwiek wyraźnych pików w pomiarach kalorymetrycznych prowadzonych w temperaturach aż do $900^\circ C$ wyklucza obecność tej fazy dla taśm badanych zarówno przed jak i po procesie HPT. Dlatego uporządkowanie magnetyczne taśm stopu YCo_2 , widoczne w pomiarach zależności namagnesowania od temperatury i w charakterze pętli histerezy magnetycznej, dr Śniadecki wiąże ze zmianami struktury nie obejmującymi amorfizacji (generacja defektów). Silnym eksperymentalnym potwierdzeniem tej hipotezy są zmiany właściwości magnetycznych taśm poddanych procesowi HPT (przy dwóch różnych wartościach ciśnienia), które jednoznacznie wykazują silniejsze uporządkowanie magnetyczne niż taśmy po procesie chłodzenia z fazy ciekłej.

Dodatkowym wsparciem hipotezy stawianej przez Habilitanta są obliczenia ab-initio. W pierwszej ich części wykazano, że jedną z przyczyn stabilizacji uporządkowania magnetycznego może być wzrost stałej sieci (obserwowany w eksperymentach). W drugiej rozważany jest wpływ defektów strukturalnych (typu: luka w pozycji atomów Y lub Co, lub wprowadzony w te pozycje atom Ti lub Nb) związku YCo_2 na strukturę elektronową oraz uporządkowanie magnetyczne. Wykazano, że zarówno wprowadzenie wakansów jak i podstawienie innym pierwiastkiem może w istotny sposób wpływać na właściwości magnetyczne.

Podsumowując ocenę osiągnięcia dr. Zbigniewa Śniadeckiego stwierdzam, że zrealizowane zostały dwa podstawowe cele badań dotyczące określenia zdolności do uzyskania fazy szklistej oraz korelacji pomiędzy stopniem nieporządku a właściwościami magnetycznymi stopów stanowiących modyfikacje związku YCo_2 . Uważam, że prezentowane w nich wyniki zawierają szereg ważnych informacji dotyczących wytwarzania stopów z kontrolowanym stopniem uporządkowania strukturalnego i/lub chemicznego. Zawierają również ważne informacje o strukturze i właściwościach magnetycznych stopów typu (Y,Hf,Cr)-(Co,Ni,Fe)-(B,Si). O poziomie uzyskanych wyników świadczy to, że zostały zaprezentowane w dziesięciu pracach opublikowanych w recenzowanych czasopismach, w tym również

wysoko indeksowanych. W dwóch pracach Habilitant jest jedynym autorem, a w pozostałych, za wyjątkiem jednej, pierwszym autorem i autorem wyznaczonym do korespondencji. Na podstawie oświadczeń Habilitanta oraz współautorów poszczególnych prac, z pełnym przekonaniem stwierdzam, że publikacje przedłożone, jako osiągnięcie habilitacyjne powstały z inicjatywy dr. Zbigniewa Śniadeckiego i przy jego dominującym udziale.

Ocena istotnej aktywności naukowej

Dorobek naukowy dr. Zbigniewa Śniadeckiego to 45 prac opublikowanych w czasopismach objętych bazą JCR (Journal Citation Reports), w tym dziesięć prac włączonych do osiągnięcia habilitacyjnego. Dziewięć prac to prace z lat 2005-2009 czyli z okresu, kiedy Habilitant odbywał studia doktoranckie. Spośród prac decydujących o aktualnym indeksie Hirscha $iH=10$ (wg. bazy Web of Science) jedna [P5] jest z okresu przed doktoratem, a wśród pozostałych jedna [H1] wchodzi w skład zbioru publikacji stanowiących osiągnięcie habilitacyjne. Cztery prace [P17], [P21], [P28] i [P18] z liczbą cytowań odpowiednio 57, 31, 12 i 27 dotyczą tematyki związanej z wytwarzaniem i właściwościami nanocząstek zawierających lantanowce i tlenki żelaza. Dr Śniadecki w pracach tych zajmował się pomiarami magnetycznymi i ich opracowaniem. Tej samej tematyki, atrakcyjnej ze względu na zastosowania np. w terapii wykorzystującej hipotermię, dotyczą prace [P24], [P23], [P27], [P34].

Następna, ważna grupa prac w dorobku Habilitanta to prace [P22], [P26], [P30-32], [P35], (wśród nich najwięcej cytowań (16) ma praca [P22]) dotycząca wytworzenia i zbadania stopów wykazujących nieporządek strukturalny, a równocześnie właściwości materiałów magnetycznie twardych lub z silnym efektem magnetokalorycznym. Należy dodać, że są to prace realizowane przy ścisłej współpracy z doktorantami, nad którymi dr Śniadecki sprawował lub sprawuje bezpośrednią opiekę.

Tematyki związanej z określeniem zdolności do zeszklenia stopu Y-Cu-Al dotyczyła praca [P16] (13 cytowań). Dla innej grupy stopów badania takie dr Z. Śniadecki prowadził później i włączył je do osiągnięcia habilitacyjnego.

Badaniom struktury i właściwości magnetycznych stopów wykazujących obecność fazy nanokrystalicznej Habilitant poświęcił prace [P14], [P15], [P19].

Ostatnia grupa prac [P25] (13 cytowań) i [P33] związana jest ze strukturą i właściwościami nanoszków metalicznych. Należy tutaj dodać, że praca [P25] powstała podczas rocznego stażu, jaki dr Śniadecki odbył w Institut für Nanotechnologie, Karlsruher Institut für Technologie, a próbki, w przeciwieństwie to omawianych wcześniej, zostały wykonane metodą rozpylania magnetronowego.

Z przedstawionego powyżej omówienia zakresu i efektów badań prowadzonych przez Habilitanta wynika, że jest on specjalistą w zakresie technologii wytwarzania stopów metodami szybkiego chłodzenia z fazy ciekłej i rozpylania jonowego, modyfikacji ich struktury poprzez wygrzewanie lub deformację plastyczną, realizacji pomiarów strukturalnych i magnetycznych. Stosując te metody wytworzył i scharakteryzował właściwości wielu stopów o parametrach atrakcyjnych dla zastosowań, jako magnesy trwałe lub materiały magnetokaloryczne. Uzupełnieniem badań eksperymentalnych zrealizowanych przez dr. Śniadeckiego są jego badania o charakterze teoretycznym, dotyczące określenia zdolności do zeszklenia wielu stopów o różnym składzie chemicznym. W tym aspekcie należy również podkreślić umiejętność współpracy z naukowcami prowadzącymi obliczenia struktury elektronowej i na tej podstawie opisującymi właściwości magnetyczne materiałów wytworzonych i zbadanych przez Habilitanta.

Ocena dorobku dydaktycznego, organizacyjnego, popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej

Pracownicy naukowcy instytutów PAN zazwyczaj mają znacznie mniejszy dorobek dydaktyczny niż zatrudnieni na uczelniach. W przypadku dr. Zbigniewa Śniadeckiego

sytuacja wygląda podobnie. Najważniejszym elementem jego działalności dydaktycznej jest bezpośrednia opieka nad doktorantami, w przypadku dwójki z nich powołany został przez Radę Naukową IFM PAN na promotora pomocniczego. Ponadto, w prowadzonych przeze mnie wykładach z magnetyzmu, dla studentów Wydziału Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej, dr Śniadecki prowadził wykład poświęcony spektroskopii Mössbauerowskiej.

Dr Śniadecki kierował projektem badawczym MNiSW Iuventus Plus i był głównym wykonawcą w projekcie NCN, którego kierownikiem był Prof. B. Idzikowski.

Habilitant prowadzi ożywioną współpracę międzynarodową oraz krajową. Najważniejsze zagraniczne ośrodki, z którymi współpraca ta jest udokumentowana wspólnymi publikacjami to placówki badawcze z Niemiec (Drezno, Karlsruhe), Francji (Le Mans), Słowacji (Koszyce), a krajowe to: Instytut Fizyki PAN, Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu, Politechnika Wrocławska.

Na podkreślenie zasługuje udział dr. Śniadeckiego w dwóch komitetach organizacyjnych międzynarodowych konferencji Physics of Magnetism organizowanych, co trzy lata, przez IFM PAN i UAM.

Podsumowanie

Podsumowując stwierdzam, że rezultaty badań przedstawione przez Habilitanta w cyklu dziesięciu prac stanowiących osiągnięcie naukowe oraz pozostały dorobek uzyskany po otrzymaniu stopnia doktora, stanowią ważny wkład w naszą wiedzę w zakresie technologii wytwarzania metalicznych stopów o zróżnicowanej strukturze oraz zbadania ich właściwości magnetycznych. Szczególnie ważnymi osiągnięciami, moim zdaniem, są: zweryfikowane eksperymentem półempiryczne oszacowania zdolności do zeszklenia wybranych stopów, określenie korelacji pomiędzy stopniem uprządkowania stopów i ich właściwościami magnetycznymi, zaproponowanie stopów wykazujących właściwości magnetyczne atrakcyjne dla zastosowań. Z uznaniem odnoszę się również do osiągnięć Kandydata w zakresie międzynarodowej i krajowej współpracy, działalności dydaktycznej oraz organizacyjnej. Uwzględniając powyższe uważam, że dr Zbigniew Śniadecki spełnia ustawowe wymagania dotyczące przyznania stopnia doktora habilitowanego w zakresie nauk fizycznych i wnioskuję o dopuszczenie Kandydata do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

G. Idzikowski