



Prof. dr hab. Andrzej Maziewski

Zakład Fizyki Magnetyków
Wydział Fizyki
Uniwersytet w Białymstoku
15-245 Białystok
ul. K.Ciołkowskiego 1L

Tel: (+48-85) 745 7229
<http://physics.uwb.edu.pl/zfmag>

Fax: (+48-85) 745 7223
E-mail: magnet@uwb.edu.pl

Recenzja rozprawy habilitacyjnej i dorobku naukowego dr Jacka Ćwika.

Dr Jacek Ćwik ukończył w 1999 roku studia na kierunku inżynieria materiałowa na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej we Wrocławiu. Pracę magisterską pod tytułem „Odzysk złota i platynowców z koncentratu flotacyjnego na drodze ługowania cyjankowego” wykonał pod kierunkiem dr Tomasza Chmielewskiego. W 2000 roku Habilitant rozpoczął pracę w Międzynarodowym Laboratorium Silnych Pól Magnetycznych i Niskich Temperatur Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu (zwanym dalej **Laboratorium**) na stanowisku początkowo asystenta a następnie adiunkta - od 2007 roku. W 2006 roku przygotował rozprawę doktorską pt. „**Struktura i właściwości fizyczne roztworów stałych $\text{HoNi}_2\text{-MnNi}_2$, ($\text{M} = \text{Sc, Y, La, Lu}$)**”. Obrona tej rozprawy odbyła się w Instytucie Chemii Nieorganicznej i Pierwiastków Ziemi Rzadkich na Wydziale Chemii Politechniki Wrocławskiej we Wrocławiu. Promotorem pracy doktorskiej Habilitanta był doc. dr hab. Tomasz Palewski. Dr Jacek Ćwik odbył sześć zagranicznych staży naukowych (trwających sumarycznie ponad pół roku): (i) dwa po obronie rozprawy doktorskiej w zespołach profesorów O. Gutfleischa w Dreźnie oraz G.S. Burkhanova w Moskwie; (ii) cztery przed obroną rozprawy. W 2013 roku Habilitant objął stanowisko kierownika oddziału „Magnetyzmu” w Międzynarodowym Laboratorium Silnych Pól Magnetycznych i Niskich Temperatur Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu.

Dr Jacek Ćwik jest zaangażowany w rozwój zaplecza aparaturowego Laboratorium. Na uwagę zasługują dwa uruchomione przez niego stanowiska służące do temperaturowych badań w silnych polach magnetycznych: (i) efektu magnetokalorycznego MCE poprzez bezpośredni pomiar adiabatycznej zmiany temperatury $\Delta T_{\text{ad}}(T)$; widziałem ciekawe wyniki pomiarów wykonanych na tym

układzie - na próbkach Gd Habilitant uzyskał rekordowe wartości $\Delta T_{ad} \sim 20$ K (w polu 14T, w temperaturze 294K); (ii) powierzchni próbek z wykorzystaniem mikroskopii optycznej – ten układ pomiarowy może być istotny w badaniach np. przejść fazowych w stopach Heuslera.

Dorobek naukowy dr inż. Jacka Ćwika, zgodnie z bazą Web of Science (WoS) z dnia 2015.11.27, składa się z 39 prac (29 prac przygotowanych po obronie rozprawy doktorskiej). Na tej liście znajdują się cztery wystąpienia na konferencjach oraz dwie prace które zostały opublikowane w 2015r. po złożeniu autoreferatu: (i) J. Ćwik, i inni, *Role of lanthanum in modifying the magnetic state in RNi₂ solid solutions with R = Tb, Dy, Ho*, JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS, 417, 649 (2015)), (ii) F. Guillou, H. Yibole, A. Kamantsev, G. Porcari, J. Cwik, V. Koledov, N.H. van Dijk and E. Brück, *Field dependence of the magnetocaloric effect in MnFe(P,Si) materials*, IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS; 55, 11, (2015). Większość prac została opublikowana w czasopismach o przeciętnym współczynniku IF, całkowita wartość IF prac Habilitanta wynosi 50. Według bazy WoS całkowita liczba cytowań prac dr J.Ćwika wynosi 76 (bez autocytowań 34), indeks Hirscha wzrósł do 6 (w porównaniu do liczby 5 z autoreferatu). Przeważająca liczba prac cytujących publikacje Habilitanta pochodzi z czasopism o przeciętnym współczynniku IF, chociaż można również odnaleźć cytujące prace o większym współczynniku IF np. Phys.Rev.B, 73,10, 104445 (2006) czy Appl.Phys.Lett., 106, 19, 194106 (2015).

Dr Jacek Ćwik przedstawiał wyniki swoich badań na różnych krajowych i zagranicznych konferencjach w postaci 21 prezentacji posterowych w tym: 16 prezentacji przygotowanych po obronie rozprawy doktorskiej; jedna prezentacja po złożeniu autoreferatu (na *20th International Conference on MAGNETISM, Barcelona, Spain, 5-10 July 2015*). W ostatnim okresie można również odnotować prezentacje ustne Habilitanta: (i) wykład plenarny na *10 Jubileuszowych Warsztatach Instytutu Medycyny Pracy, Łódź 2014*; (ii) referaty na *7th Joint European Magnetic Symposia, 25-30 August 2013, Rhodes, Greece* oraz *4th International Conferences on Superconductivity and Magnetism, 27 April-2 May 2014, Antalya, Turkey*.

Dr Jacek Ćwik był wykonawcą szeregu zagranicznych projektów badawczych: siedmiu rosyjskich, jednego ukraińskiego i jednego czeskiego. Od 2013 roku Habilitant kieruje w Międzynarodowym Laboratorium Silnych Pól Magnetycznych i Niskich Temperatur Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu realizacją projektu (finansowanego przez Polską Akademię Nauk, Rosyjską Akademię Nauk i Bułgarską Akademię Nauk): **Badania materiałów o znacznych efektach wywołanych polem magnetycznym**". W realizację tego projektu zaangażowanych jest wiele

laboratoriów z: Holandii (Delft) Niemiec (Drezno, Hanower), Rosji (Moskwa), Ukrainy (Kijów), USA, Włoch (Parma). Na uwagę zasługuje podjęcie się w tym roku przez Habilitanta realizacji projektu „ERA.Net RUS Plus -INNOVATION”: **Opracowanie niskotemperaturowych materiałów magnetycznie twardych oraz wysokoprądowych wysokopolowych nadprzewodników na bazie Fe dla innowacyjnych technologii**, finansowanego w ramach 7 Programu Ramowego UE (2015-2017).

Jako osiągnięcie naukowe, (zgodnie z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późn. zm.) dr Jacek Ćwik przedstawił cykl artykułów o nazwie „**Wpływ modyfikacji składu na właściwości magnetyczne i magnetokaloryczne wybranych roztworów stałych o strukturze faz Lavesa**”. Cykl artykułów zawiera osiem prac, opublikowanych w latach 2010-2014, przygotowanych z udziałem Habilitanta. We wszystkich tych pracach dr Jacek Ćwik jest pierwszym autorem. Pięć prac z przedstawionego cyklu artykułów powstało we współpracy z siedmioma współautorami. Z dołączonych w załączniku oświadczeń sześciu współautorów prac wynika, że dominujący był wkład Habilitanta w powstaniu tych publikacji. Siódmy współautor profesor Jan Klamut zmarł w 2013 roku, jego wkład w przygotowaniu dwóch publikacji z cyklu artykułów polegał, według oświadczenia dr J.Ćwika, na dyskusji wyników i redagowaniu manuskryptów. Prace z przedstawionego cyklu zostały opublikowane w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JRS) charakteryzujących się niezbyt wysokim współczynnikiem wpływu impact factorem IF, średni współczynnik IF z tych prac wynosi 1.9. Cztery prace opublikowano w czasopismach z IF większym od 2: MATERIALS CHEMISTRY AND PHYSICS, JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS (2 publikacje), JOURNAL OF SOLID STATE CHEMISTRY.

Efekt magnetokaloryczny jest obserwowany w wielu międzymetalicznych związkach RM_2 (gdzie R jest ziemią rzadką, M – metalem przejściowym) występujących w fazie Lavesa. Habilitant, w cyklu artykułów, skoncentrował się na badaniu wybranych układów gdzie : (i) M jest Co (prace [H2-H8]) lub Co i Ni [H1]; (ii) R jest metalem lekkim Gd lub ciężkim Dy, Ho, i Er. Dr J.Ćwik badał układy trójskładnikowe $RR'Co_2$ (R, R'=Dy, Ho, Er) [H2-H5] oraz dwa rodzaje układów czteroskładnikowych: $DyGd(CoNi)_2$ [H1] i $RR'GdCo_2$ [H6 - H8]. Można wyróżnić kilka układów referencyjnych do próbek badanych w autoreferacie, w których temperatura Curie T_C przejścia fazowego ferromagnetyk – paramagnetyk wynosi: (i) $GdCo_2$ ($T_C=400$); (ii) $DyCo_2$ ($T_C=140K$); (iii) $HoCo_2$ ($T_C=75K$) (iv) $ErCo_2$ ($T_C=32K$) oraz (v) $GdNi_2$ ($T_C=76K$). Atrakcyjne wydaje się postawienie problemu uzyskania efektu magnetokalorycznego w szerokim zakresie temperatur w odpowiednio domieszkowanych próbkach. Problem ten jest interesujący ze względów ogólnopoznawczych oraz na możliwe zastosowania w

układach chłodniczych. Przeprowadzono badania w szerokim zakresie temperatur i zewnętrznych pól magnetycznych: (i) namagnesowania i podatności magnetycznej [H1-H8] oraz (ii) ciepła właściwego [H1-H5, H8]. W celu scharakteryzowania właściwości magnetokalorycznych wyliczono dwa parametry: (i) ΔS_{mag} – izotermiczną zmianę entropii magnetycznej, korzystając z zmierzonych krzywych namagnesowania, w oparciu o równania Maxwella; (ii) ΔT_{ad} - adiabaticzną zmianę temperatury, korzystając z pomiarów ciepła właściwego oraz z funkcji Debye. Oba te parametry zależą od maksymalnej wartości pola magnetycznego w którym zostały wykonane pomiary wykorzystane do obliczeń. Przeprowadzono badania strukturalne analizowanych próbek. Pomiary wykonane techniką dyfrakcji promieniowania X wykazały, że wszystkie badane polikrystaliczne próbki były jednofazowe i zostały skryształizowane w postaci kubicznej fazy Lavesa C15 o strukturze typu MgCu_2 . W pracach [H1-H8] podano informacje o zmianie stałych sieci w zależności od składu.

W pracy [H1] badano wpływ zamiany Dy przez Gd i Co przez Ni w układzie $\text{Dy}_{1-x}\text{Gd}_x(\text{Co}_{1-x}\text{Ni}_x)_2$ (gdzie $x = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ i 0.5) na jego właściwości magnetyczne i magnetokaloryczne. Zmierzono w funkcji temperatury: (i) krzywe magnesowania i podatność magnetyczną oraz (ii) ciepło właściwe. We wszystkich badanych związkach zaobserwowano drugiego rodzaju przejście fazowe ferromagnetyk – paramagnetyk oraz wzrost temperatury T_C od 105K (dla $\text{Dy}_{0.9}\text{Gd}_{0.1}(\text{Co}_{0.9}\text{Ni}_{0.1})_2$) do 126K ($\text{Dy}_{0.5}\text{Gd}_{0.5}(\text{Co}_{0.5}\text{Ni}_{0.5})_2$). Przeprowadzone pomiary namagnesowania pozwoliły na oszacowanie wartości magnetycznych momentów nasycenia liczonych na cząsteczkę. Uzyskane wartości były istotnie mniejsze od wartości wyznaczonych przy założeniu całkowitego momentu magnetycznego od atomów Dy i Gd co Habilitant wyjaśniał przy założeniu antyferromagnetycznego uporządkowania jednej z podsieci magnetycznych. Szkoda, że Habilitant nie zweryfikował tej hipotezy poprzez badania neutronograficzne. Z pomiarów ciepła właściwego w polu magnetycznym, o amplitudzie do 2T, wyznaczono adiabaticzne zmiany temperatury ΔT_{ad} . Maksymalną wartość $\Delta T_{\text{ad}} = 1.2\text{K}$ osiągnięto przy $x=0.1$. Słabą stroną tej pracy jest zbyt mały zakres zmienności parametru składu „x” badanych próbek – znając wyniki pracy [H1] i właściwości próbek referencyjnych GdNi_2 i GdCo_2 można oczekiwać występowania ciekawych właściwości magnetycznych i magnetokalorycznych w większym zakresie x,

Dr Jacek Ćwik przeprowadził badania, w funkcji temperatury i zewnętrznego pola magnetycznego: namagnesowania, podatności magnetycznej (w polu 0.03T) oraz ciepła właściwego w układzie $\text{Dy}_{1-x}\text{Er}_x\text{Co}_2$ z czterema wartościami x (0, 0.1, 0.2, 0.3) [H2]. Ze wzrostem x temperatura T_C zmalała od 138K (DyCo_2) do 106K $\text{Dy}_{0.7}\text{Er}_{0.3}\text{Co}_2$. W okolicach T_C obserwowano histerezę krzywych

magnesowania co wyjaśniano występowaniem przejścia metamagnetycznego. Dla wszystkich wartości x stwierdzono występowanie pierwszego rodzaju przejścia fazowego ferromagnetyk – paramagnetyk. Potwierdzeniem tego był kształt krzywych Arrota skonstruowanych na podstawie krzywych namagnesowania. Ze wzrostem x zaobserwowano silny wzrost ΔS_{mag} oraz wzrost ΔT_{ad} (do wartości 3.1K w polu 1.5T i w temperaturze 103K ($x=0.3$)). W pracy [H2] sygnalizowana jest anomalia ciepła właściwego w okolicach temperatury 6K dla $\text{Dy}_{0.7}\text{Er}_{0.3}\text{Co}_2$. Szkoda, że badanie nie zostały wykonane w szerszym zakresie wartości x (np. jak w pracach: doświadczalnej M. Balli, J. Alloys Compounds, 509 (2011) 3907 i teoretycznej N.A. de Oliveira JMMM 264, 55 (2003), w których badano $\text{Dy}_{1-x}\text{Er}_x\text{Co}_2$ dla $0 \leq x \leq 1$).

W pracach [H3 i H4] Habilitant badał związek międzymetaliczny $\text{Ho}_{1-x}\text{Er}_x\text{Co}_2$ (przy $0.1 \leq x \leq 0.5$). Ze wzrostem x temperatura T_C zmalała od 72K ($\text{Ho}_{0.9}\text{Er}_{0.1}\text{Co}_2$) do 50K ($\text{Ho}_{0.5}\text{Er}_{0.5}\text{Co}_2$). Dla wszystkich wartości x stwierdzono występowanie pierwszego rodzaju przejścia fazowego ferromagnetyk – paramagnetyk. Z pomiarów namagnesowania Habilitant wnioskował antyrównoległe ustawienie podsieci kobaltu i ziem rzadkich. Niskotemperaturowe anomalie temperaturowych zależności podatności magnetycznej oraz ciepła właściwego dr J.Ćwik wyjaśniał spinową reorientacją. Wyliczone parametry ΔS_{mag} i ΔT_{ad} wzrastały ze wzrostem amplitudy przyłożonego pola magnetycznego. Habilitant zaobserwował również, że ze wzrostem x następował początkowy wzrost ΔS_{mag} od wartości 4,2 J/molK ($x=0.1$) osiągając wartość maksymalną 5.4 J/molK ($x=0.4$) a następnie spadek do 4.7 J/molK ($x=0.5$). Pomiary ciepła właściwego, w badanym zakresie x , w polu 2T pozwoliły na wyznaczenie dużych wartości ΔT_{ad} około 6.5K.

W ostatniej pracy [H5] z serii trójskładnikowego związku międzymetalicznego dr J.Ćwik zbadał $\text{Dy}_{1-x}\text{Ho}_x\text{Co}_2$ (przy $0.1 \leq x \leq 0.5$). Ze wzrostem x malała temperatura Curie od 130K do 109K ($x=0.5$). Wyliczona maksymalna wartość ΔT_{ad} wynosiła 2K lub 3K z pomiarów ciepła właściwego w maksymalnym polu 1T lub 2T.

Układy trójskładnikowe $\text{RR}'\text{Co}_2$ (gdzie R, R' jest Dy, Er, Ho), badane przez dr J. Ćwika, charakteryzują się stosunkowo niską temperaturą Curie i pierwszego rodzaju przejściem fazowym ferromagnetyk – paramagnetyk. Wiadomo jest również, że GdCo_2 charakteryzuje się wysoką temperaturą Curie i drugiego rodzaju przejściem fazowym ferromagnetyk - paramagnetyk. Ciekawe było więc postawione przez Habilitanta zadanie zbadanie wpływu domieszkowania gadolinem w układach trójskładnikowych $(\text{RR}')_{1-x}\text{Gd}_x\text{O}_2$ wykorzystując kolejno jako referencyjne uprzednio zbadane

związki $\text{Dy}_{0.9}\text{Ho}_{0.1}\text{Co}_2$ (zmieniając x w zakresie $0 \leq x \leq 0.15$) [H6,H8]; $\text{Dy}_{0.9}\text{Er}_{0.1}\text{Co}_2$ ($0 \leq x \leq 0.25/0.15$) [H6/H8] i $\text{Ho}_{0.9}\text{Er}_{0.1}\text{Co}_2$ ($0 \leq x \leq 0.15$) [H8].

W pracy [H6] wykazano, że ze wzrostem x w układzie $(\text{Dy}_{0.9}\text{Ho}_{0.1})_{1-x}\text{Gd}_x\text{Co}_2$: wzrastała temperatura Curie od 147K ($x=0.05$) do 183K ($x=0.15$) (jest to najwyższa wartość temperatury Curie spośród T_C wyznaczonych [H6-H8] dla trzech czteroskładnikowych związków) a entropia ΔS_{mag} maleje. Z analizy temperaturowych zależności krzywych magnesowania Habilitant wywnioskował, że przejście fazowe ferromagnetyk – paramagnetyk jest pierwszego rodzaju przy $x=0$ i $x=0.05$ a po zwiększeniu do x do 0.1 przejście to zmienia charakter na drugiego rodzaju. W pracy [H7] wykazano, że ze wzrostem x w układzie $(\text{Dy}_{0.9}\text{Er}_{0.1})_{1-x}\text{Gd}_x\text{Co}_2$ temperatura Curie wzrasta liniowo od 128K ($x=0$) do 215K ($x=0.25$) a entropia ΔS_{mag} maleje. W pracy [H8] dr J.Ćwik podsumowuje wyniki badań trzech czteroskładnikowych układów $(\text{RR}')_{1-x}\text{Gd}_x\text{O}_2$. W pracy tej zaobserwowano procentowo największy (43%) wzrost $T_C(x)$ w układzie $(\text{Ho}_{0.9}\text{Er}_{0.1})_{1-x}\text{Gd}_x\text{Co}_2$. W zakresie temperatur $20\text{K} < T < 40\text{K}$ w układzie tym zaobserwowano anomalie przenikalności magnetycznej, które były wyjaśniane efektem spinowej reorientacji. Domieszkowanie Gd powodowało zmianę charakteru przejścia fazowego ferromagnetyk-paramagnetyk z pierwszego do drugiego rodzaju we wszystkich układach $(\text{RR}')_{1-x}\text{Gd}_x\text{O}_2$. Wykonano pomiary ciepła właściwego w tych układach. Oszacowano największą wartość $\Delta T_{\text{ad}} \sim 3\text{K}$ (w polu do 3T) dla $(\text{Ho}_{0.9}\text{Er}_{0.1})_{0.95}\text{Gd}_{0.05}\text{Co}_2$; dla pozostałych układów zmiana ΔT_{ad} wynosiła około 2K.

Za działalność naukową dr Jacek Ćwik był dwukrotnie wyróżniany. W 2007 roku otrzymał nagrodę Rady Naukowej Międzynarodowego Laboratorium Silnych Pól Magnetycznych i Niskich Temperatur za wyróżniającą pracę doktorską pt. **Struktura i właściwości fizyczne roztworów stałych $\text{HoNi}_2\text{-MNi}_2$ ($\text{M}=\text{Sc}, \text{Y}, \text{La}, \text{Lu}$)**. W 2013 roku Habilitant został laureatem (wspólnie z profesorami T.Palewskim, H.Drulisem i G.Burkhanovem oraz doktor I.Tereshiną) prestiżowej nagrody Polskiej Akademii Nauk i Rosyjskiej Akademii Nauk za wybitne osiągnięcia naukowe. Nagrodzono wyniki prac pt. **"Nowe funkcjonalne materiały magnetyczne na bazie związków wysoko-czystych pierwiastków ziem rzadkich i metali przejściowych"**.

Dr Jacek Ćwik, z uwagi na badawczy charakter swego miejsca pracy, miał ograniczone możliwości działalności dydaktycznej. Opiekował się dwoma studentami i dwoma młodymi pracownikami naukowymi w czasie ich pobytu w Laboratorium. Habilitant popularyzował naukę na seminariach we Wrocławiu i w Dreźnie, wygłosił również interesujący wykład z pokazami podczas *Nocy Laboratoriów* w 2015 roku. Miałem możliwość wysłuchania na Wydziale Fizyki Uniwersytetu w Białymstoku ciekawego wykładu dr J.Ćwika „**Właściwości magnetyczne i magnetokaloryczne**

wybranych roztworów stałych o strukturze faz Lavesa” na temat wyników prac własnych Habilitanta oraz promocji działalności Laboratorium.

Podsumowując cykl publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe sprawia wrażenie, iż był on zbyt pośpiesznie zestawiony. Można by oczekiwać: (i) zaprezentowania wyników badań przeprowadzonych na próbkach z większego zakresu zmienność parametru składu „x” co sygnalizowałem wyżej, (ii) wykonania bardziej systematycznych badań efektu magnetokalorycznego np. bezpośredni pomiar adiabatycznej zmiany temperatury ΔT_{ad} w wybranych dla wszystkich próbek wartościach pól magnetycznych; (iii) wykonania uzupełniających pomiarów dodatkowymi technikami (np. neutronowymi) pozwalających zweryfikować stawiane w pracach hipotezy wyjaśniające niektóre właściwości magnetyczne badanych obiektów. Pozytywnie można ocenić: (i) dużą ostatnią aktywność naukową Habilitanta, opublikowała w 2015 roku 5 prac o sumarycznej wartości IF 10, przynajmniej jedna z tych prac mogłaby wzmocnić przedstawiony cykl publikacji; (ii) większe postrzeganie przez środowisko naukowe dorobku dr.J.Ćwika – wzrost współczynnika Hirscha, zapraszanie do prezentacji ustnych; (iii) efektywny rozwój przez dr.J.Ćwika zaplecza aparaturowego Laboratorium, (iv) aktywny udział w realizacji projektów.

Reasumując uważam, że dr inż. Jacek Ćwik spełnia warunki stawiane kandydatom do uzyskania stopnia doktora habilitowanego. Wniosuję o dopuszczenie dr inż. Jacka Ćwika do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Białystok 2015.12.01

