

**Recenzja pracy doktorskiej mgr Moniki Szklarskiej-Lukasik pt.  
„Struktura, właściwości elektryczne i magnetyczne związków  
międzymetalicznych  $Tb_{0.27}Dy_{0.73}(Fe_{0.7-x}Ni_xCo_{0.3})_2$ ”.**

Terfenol-D o składzie  $Tb_{0.27}Dy_{0.73}Fe_2$  jest fazą Lavesa wykazującą silną magnetostrykcję z równoczesną minimalną anizotropią magnetokrystaliczną. Silna magnetostrykcja kwalifikuje ten materiał do grupy materiałów funkcjonalnych. Jeżeli podsięć Fe terfenolu-D podstawić w 30% kobaltem to takiemu składowi podsięci  $3d$  towarzyszy wzrost temperatury Curie oraz maksimum momentu magnetycznego Fe, zgodnie z przebiegiem krzywej Slater-Paulinga. Ideą autorki pracy było żeby podsięć  $3d$  typu  $(Fe_{0.7}Co_{0.3})$  modyfikować niklem zgodnie z wyrażeniem  $(Fe_{0.7-x}Ni_xCo_{0.3})$  i poszukiwać nowych właściwości funkcjonalnych. Stworzyło to konieczność syntetyzowania ośmiu próbek o składzie podsięci  $3d$  od  $x=0$  do  $x=0.7$  czyli od próbki  $Tb_{0.27}Dy_{0.73}(Fe_{0.7}Co_{0.3})_2$  do próbki  $Tb_{0.27}Dy_{0.73}(Ni_{0.7}Co_{0.3})_2$ , których właściwości magnetyczne związane są tylko z opadającą częścią krzywej Slater-Paulinga.

Praca posiada 154 strony, z czego 20 stron stanowią dodatki. Autorka cytuje 122 pozycje literatury, w tym 12 własnych prac współautorskich, 6 opublikowanych w dobrych czasopismach fizycznych, jedna przygotowana do druku oraz 5 raportów z konferencji krajowych. Wyniki obliczeń teoretycznych oraz rezultaty pomiarów wielu wielkości fizycznych zostały przedstawione na 49 rysunkach.

Do istotnych rezultatów pracy doktorskiej autorki zaliczam:

1. Obliczenie szeregu parametrów magnetycznych badanych związków metodą FLAPW przy użyciu pakietu programów WIEN2k,
2. wyniki pomiarów wszystkich składowych oporu właściwego tzn. oporu resztkowego, przyczynku fononowego oraz magnetycznego,
3. wyniki pomiarów wszystkich rodzajów magnetostrykcji łącznie z wyliczeniem magnetostrykcyjnego współczynnika Poissona, które pozwalają na stwierdzenie, że dla pewnych podstawień Fe/Ni badany materiał można zaliczyć do grupy materiałów funkcjonalnych.

Pomiary zostały wykonane, na starannie otrzymanych próbkach metodą topienia lukowego, techniką mikroskopii elektronowej oraz kontroli jakości struktury metodą

rentgenograficzną. W prawdzie wszystkie prezentowane w pracy krzywe i wykresy opisane są bardzo starannie jednak posługiwanie się pojęciem „krzywa numeryczna”, „błąd numeryczny” nie są stosownymi pojęciami we wprowadzonej, zmodyfikowanej

nie tak dawno teorii błędów pomiarów. Mimo wspomnianej powyżej staranności Autorka nie ustrzegła się małych niepoprawności terminologicznych jak „D jest stałą temperaturową” zamiast „materiałową” (str. 59 wzór 4.2, str. 60 wzór 4.7). Na str. 65, Rys. 4.4 dla  $x=0.2$  nachylenie prostej  $\Delta\rho/\Delta T_m$  dla  $T < T_C$  jest wyraźnie mniejsze aniżeli dla pozostałych pięciu wartości  $x$ . Autorka nie komentuje czym można by wyjaśnić takie zachowanie próbki dla jednego określonego podstawienia żelaza niklem.

Na str. 68, Rys. 4.5, krzywe 2 i 3 dotyczą przyczynku podsieci M (metal  $3d$ ) do wartości temperatury Curie ( $T_C$ ) związku  $RM_2$ . Krzywa 2 przedstawia wartości zmierzone zaś krzywa 3 wartości wyliczone ze wzoru 4.14. Krzywa 3 odbiega od krzywej 2 wyraźnie zarówno wartościami jak i krzywizną. Wyliczenia krzywej (3) dokonano dla stałych wartości parametrów  $K_{i,j}$  wziętych z pracy [3]. Oczekiwałbym raczej dopasowania zależności  $T_m$  (wyrażenie 4.14) (krzywa 3.) do punktów pomiarowych z krzywej (2) uwalniając parametry  $K_{i,j}$ . Kryterium takiego podejścia byłyby wartości dopasowanych parametrów  $K_{i,j}$ , jeżeli zachowałyby fizycznie rozsądne wartości.

Nie podoba mi się, że Autorka najczęściej wartości będące wynikami pomiaru jakiejś wielkości fizycznej, dopasowuje ich przebieg jakąś krzywą (wielomian 3-ego stopnia, parabola, prosta) nie mającą związku z fizyką tego przebiegu. Dobrym przykładem tego procederu są rysunki 4.1 i 4.2. Widać wyraźnie, że opór resztkowy  $\rho_0 = [\rho - (\rho_r + \rho_m)]$  wyraźnie rośnie w miarę wzrostu zawartości Ni(x). Ze wzrostem ilości podstawionego Fe/Ni, oraz przy znajomości wyjściowej czystości niklu użytego do wytwarzania próbek, można oszacować (obliczyć) zanieczyszczenie próbek jako funkcji stężenia  $x$  niklu w zakresie  $x=0$  do  $x=0.7$  w procesie ich przygotowania. W tym zakresie  $x$  opór resztkowy  $\rho_0$  musi rosnać. Nie widzę powodu dla którego w zakresie od  $x=0.4$  do  $x=0.7$  opór resztkowy maleje (Rys. 4.2). Takie oszacowanie byłoby ciekawsze aniżeli dopasowanie wartości zmierzonych parabolą.

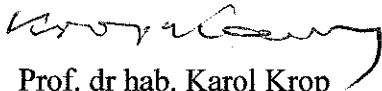
Opór magnetyczny ekstrapolowany  $\rho_{m\infty}$  (ekstrapolowany do  $T \rightarrow \infty$ ) maleje, ponieważ maleje moment magnetyczny próbki w miarę podstawiania podsieci  $3d$  niklem (Rys.3.32). Próba nawet prostego opisu ilościowego w miejsce dopasowania wyników pomiarów arbitralną krzywą metodą najmniejszych kwadratów byłoby znacznie bardziej stosowne.

Praca napisana jest poprawnym językiem polskim i fizycznym. Miejsc w których „myśl z duszy leci wartko lecz się w słowach łamie” (J. Słowacki) jest niewiele i nie zmieniają zasadniczo sensu fizycznego danego fragmentu pracy.

Te kilka uwag krytycznych nie podważa w sposób istotny jakości i wartości merytorycznej pracy. Panią mgr Monikę Szklarską-Łukasik oceniam jako dobrą i dociekliwą osobę w zakresie fizyki doświadczalnej, która potrafi dobrać odpowiednie metody do rozwiązania postawionego sobie celu. Recenzowaną pracę oceniam jako **dobrą**.

Rozprawa doktorska Pani mgr Moniki Szklarskiej-Łukasik spełnia wszystkie ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim. Wnoszę zatem do Rady Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH o dopuszczenie Pani Moniki Szklarskiej-Łukasik do dalszych etapów związanych z przewodem doktorskim, do publicznej obrony pracy doktorskiej włącznie.

Kraków, 29.09.2015

  
Prof. dr hab. Karol Krop