

Kiss László Ferenc

„Mágneses jelenségek nemegyensúlyi fémes rendszerekben ”

című MTA doktori értekezésének bírálata

Az értekezés témaválasztása jó, a téma jelenleg is időszerű és az alapkutatósi problémák megoldásai gyakorlati alkalmazások felé is utat nyithatnak. Nemegyensúly rendszerek mágneses viselkedésének megértése napjainkban is számos megválaszolatlan kérdést tartalmaz és a dolgozat ezen kérdések egy jól meghatározott csoportjának szisztematikus tanulmányozása eredményeiről számol be.

A terjedelmes értekezés, a bevezetést a célkitűzéseket és az összefoglalást leszámítva, négy fő fejezetet tartalmaz, melyet két függelék is kiegészít. A fő fejezetek az értekezés téziseinek csoportosítását követik, lényegében a hat tézispontban megfogalmazott állításokat megalapozó vizsgálati eredményeket és azok értelmezését részletezi bennük a szerző.

Az első két fejezet jól foglalja össze a következő fejezetekben részletezett témakörök fő előzményeit, a célkitűzéseket valamint a vizsgálati módszereket.

A 3. fejezet a Fe-korai-átmenetifémek-B(-Cu) típusú fémüvegek magnetokalorikus viselkedéséről szól. Az ehhez kapcsolódó mágneses entrópiaváltozás illetve az u.n. hőkapacitás (refrigerant capacity) definíciói után az általa végzett mérések eredményeit tárgyalja és megmutatja, hogy a Curie hőmérséklet közelében mért mágneses entrópia változás arányos a telítési mágnesseltséggel valamint, hogy bór dús fémüvegekben a Fe atomok mágneses entrópia változása anomálishan növekszik 15% B tartalom fölött és ez a növekedés korrelál a Fe atomok átlagos mágneses momentumának hasonló növekedésével. A fejezet leírásában több pontatlanság is előfordul:

- a mágneses entrópia változás előjelét (ami negatív) nem konzekvensen kezeli sem az előforduló ábrákon sem a hőkapacitás definíciójában (ami pozitív) (pl. az 1 ábráról, ahol negatív értékek szerepelnek, azt írja a 10. oldal első sorában „...a Curie hőmérséklet körül maximumot ad...”)
- nem teljesen világos, hogy a 10. oldal első bekezdésében mikor van szó az 1. illetve 2. ábráról.

- a 10 oldalon a 3. ábra alatti bekezdés 4. sorában (T_{meleg}) helyett (T_{hideg}) lenne indokolt. Ugyanebben a bekezdésben azt írja „...RC térfüggését lineárisnak véve extrapolációval.... „. *Honnan vette ennek az egyenesnek a meredekségét?*
- *Hogyan kapta meg a 4. ábrán is mutatott $|\Delta S_M^{pk}|_{Fe}$ (vas atomoknak mágneses entrópia változáshoz tartozó járuléka) mennyiségeket?*
- a 17. oldalon beszél az Arrott-Noakes féle fenomenológikus állapotegyenlet két anyagi paraméteréről, erre hivatkozva magyarázza az egy vas atomra jutó mágnes momentum és a mágnes entrópia változás csúcs értékei közötti ellentmondást. Ugyan megjegyzi, hogy az állapotegyenlet nem tárgya a jelen disszertációnak, a fenti paraméterek fizika jelentését mégis célszerű lett volna megadni.

Ebben a fejezetben az első tézisben is szereplő azon állítást, amely a 4. ábrán szereplő függést a vas atomok átlagos térfogatának az összetétel függvényében történő, a B- és Zr-atomok közötti erős kölcsönhatás miatt fellépő, változásával értelmezi, nem kellően indokolja. Az ötvöző atomok közötti erős kölcsönhatásra vonatkozóan nem látok meggyőző bizonyítékokat a dolgozatban, bár ez lehet egy hipotézis az értelmezésre.

A 4. fejezet a vasban dús Fe-Zr fémüvegek alacsony-hőmérsékleti mágneses tulajdonságairól szól. Véleményem szerint ez a szerző legfontosabb eredményeit tartalmazza és a leírás is jobban sikerült, mint a 3. fejezeté. A 4.1-4.3 fejezetek nagyon jó, kritikai összefoglalói is az irodalmi előzményeknek. A 4.1 fejezetben rámutat arra, hogy az értelmezés kulcsparamétere lehet a lokális vasatom környezet (atomi térfogat), illetve ennek két féle értéke (az egyik egy kritikus értéknél kisebb, a másik ennél nagyobb). A térfogati hatást kézenfekvően a hidrosztatikai nyomás hatásának vizsgálatával lehet feltárni. A 4.2 fejezet a kicserélődési anizotrópiáról szóló irodalmi összefoglaló, valamint kísérleti eredményeket tartalmaz $Fe_{93}Zr_7$ fémüvegben. A 4.3 fejezet egyes ötvözetek koercitív erejének hőmérséklet függését tárgyalja, amely az átmágnesezési mechanizmust is jellemző tulajdonság. A mágnesezettség időbeli változásának (mágneses viszkozitás) vizsgálatánál bevezetett viszkozitás tér, H_v , értékéből származtatja a jellemző V_a aktivációs térfogatot (amely H_v -el fordítottan arányos és amelyben adott hőmérsékleten a termikus fluktuációk megindíthatják a mágnesezettség változását). Ez hőmérsékletfüggő ($V_a \sim D_a^3 \sim T^3$), de az összetételtől függetlennek adódott $Fe_{91}Zr_7$, $Fe_{92}Zr_8$ és $Fe_{93}Zr_7$ ötvözetekben, és hozzá mágneses klaszter rendelhető, azaz az ötvözetek ebből a szempontból inhomogének. A (V_a -val arányos) blokkolási hőmérséklet fölött szuperparamágneses viselkedés van míg alatta az átmágnesezési mechanizmus a curling, és valóban itt a redukált koercitív erő $1/D_a^2$ szerint

változik. A finomabb részletek értelmezéséhez blokkolási hőmérséklet (azaz klaszter-méret) eloszlást is feltételez, valamint a klaszterek közötti kölcsönhatást is figyelembe veszi. A mágnesezettség hidrosztatikai nyomástól való függésének vizsgálatából a klaszter-ferromágneses mátrix közötti csatolás szerepét is értelmezi. A vonatkozó (2. és 3.) tézisek meggyőzők, újdonságtartalmukat elfogadom. Egy kérdés ehhez a fejezethez: *A 35. oldalon szerepel: „Az elérhető szűk hőmérséklet-tartomány nem teszi lehetővé, hogy egyértelműen döntsünk H_c korábban megfigyelt [35] hőmérséklettel való exponenciális csökkenése vagy inverz hatványfüggvény szerinti viselkedése között, de úgy tűnik, hogy a korábbi leírás ad jobb eredményt.” Mi bizonyítja ezt? Ezen az oldalon fentebb azt írja „...a viszkozitás tér mindhárom ötvözetre jó közelítésre $(1/T)^{2.0\pm 0.3}$ szerint változik. A 26. betétábrájáról pedig megjegyzi: „...a H_c hőmérsékletfüggése hasonló a viszkozitástéréhez”.*

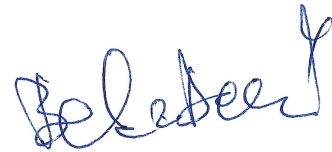
Az 5. fejezet Finemet- és Nanoperm-típusú amorfnanokristályos kompozitok mágneses tulajdonságaival foglalkozik. Ezekben az anyagokban ferromágneses nanokristályos részecskék vannak amorfnanokristályos mátrixba beágyazva és a mátrix Curie-hőmérsékletétől, valamint a nanorészecskék méretétől és eloszlásától függő mágneses hiszterézis illetve szuperparamágneses viselkedés figyelhető meg. A nanokristályos részecskék közötti dipol-dipol kölcsönhatást egy effektív térrel és kölcsönhatási hőmérséklettel lehet figyelembe venni a paramágneses viselkedést leíró Langevin függvényben. Az irodalmi modellt kibővítve és a kísérleti eredményeit felhasználva megmutatta, hogy ezek között összefüggést kell feltételezni és a részecske eloszlást is figyelembe kell venni a pontosabb leíráshoz. A 4. tézis újdonságtartalmát elfogadom. Kérdés: *Honnan származik az illesztésekhez használt (24) képlet?*

A 6. fejezet Fe-Ag összetételű granuláris multirétegek és ötvözetek tulajdonságairól szól. Ebben a nem keveredő rendszerben az előállítás során, megfelelő kiindulási paramétertartományban, nanoméretű Fe szigetkeletkeznek, és az így keletkezett rendszer alkalmas olyan szuperparamágneses viselkedés tanulmányozására, amelyben a mágnes anizotropia, a részecskék közötti kicserélődési és dipol-dipol kölcsönhatás, valamint a részecskék eloszlása is szerepet játszik. Megmutatta, hogy ha a vas nem képez folytonos réteget, akkor szuperparamágneses viselkedés figyelhető meg és létezik a dipol-dipol kölcsönhatásból származó memóriaeffektus. Azt találta, hogy multirétegben a mágneses tulajdonságok a rétegpárok számától is függenek, amit a növekedés irányában növekvő klasztermérettel magyaráz. Az ehhez kapcsolódó 5. tézis terjedelmes, tartalmaz kézenfekvő

általánosságokat is (Pl. a „Rávilágítottam...” kezdetű mondat). E tézis feszesebb fogalmazásban szerencsésebb lett volna.

Összefoglalva: érdekes eredményeket tartalmazó, elmélyült vizsgálatokat tartalmazó, szisztematikus munkát tükröző doktori munka, melyet nyilvános vitára alkalmasnak tartok.

Debrecen. 2025. január 10



Beke Dezső

a fizikai tudomány doktora (az MTA doktora)