

ӘӨЖ 538.93

**ӨТПЕЛІ МЕТАЛЛ АТОМДАРЫМЕН ДОПИРЛЕНГЕН Fe-Ga МАГНИТТІК
АНИЗОТРОПИЯ ЭНЕРГИЯСЫ МЕН СЕРПІМДІЛІК ҚАСИЕТТЕРІН ЕСЕПТЕУ**

Жуман Бауыржан

zhuman9843@gmail.com

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Ядролық физика, жаңа материалдар және технологиялар кафедрасының 1 курс магистранты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі – Абуова Ф.У.

Егер магнитострикция құбылысына келетін болсақ, 1842 жылы Джеймс Джоуль магниттелу және магнитсіздену кезінде кристалдық дененің өлшемдерінің өзгеруін ашқан болатын. Магнитострикция магнит өрісіндегі материалдың энергетикалық күйінің және соның салдарынан атомдар арасындағы қашықтықтардың өзгеруінен туындайды. Магнитостриктивтік материалдардың магниттелу кезінде сызықтық өлшемдері мен пішіндерін айтарлықтай түрде өзгерту қабілеттері бар. Бұл әсер электромагниттік энергияны механикалық энергияға және керісінше түрлендіруге мүмкіндік береді. Магнитострикцияға қарама-қарсы құбылыс Виллари эффектісі [1] деп аталады, ол дененің жүктеменің серпімді аймағында оның деформациясы кезінде магниттелуінің өзгеруінен тұрады.

Магнитострикция өлшемсіз шама, яғни үлгі өлшемінің салыстырмалы өзгеруімен бағаланады

$$\lambda = \Delta l / l, \quad (1)$$

мұндағы Δl — H магнит өрісі қосылған кездегі ұзару (немесе қысқару), ал l — үлгінің ұзындығы.

Тәжірибелерде $\lambda_{||}$ – бойлық магнитострикция, өріс кернеулігі H өлшеу бағытымен сәйкес келеді, λ_{\perp} – көлденең магнитострикция, бұл бағыттар өзара перпендикуляр болғанда сәйкес келеді. Бойлық және көлденең магнитострикциялар бір-бірімен байланысты [1, 2]

$$\lambda_{\perp} = -\lambda_{||} / 2. \quad (2)$$

Негізінде магнитострикцияны изотропты және анизотропты деп ажыратады. Анизотропты магнитострикцияға тән қасиет үлгінің пішіні оның көлемін өзгертпестен дерлік өзгереді. Бір ионды механизм теориясына сәйкес магниттік атомға жақын орналасқан электронды орбиталық бұлт анизотропты (сфералық емес) конфигурацияға ие болады. Сыртқы магнит өрісі (H) әсер еткенде атомның немесе ионның магниттік моменті анизотропты электрон бұлтының бір мезгілде айналуымен өріс бағытына бағытталған. Нәтижесінде кристалдық тор анизотропты деформацияға ұшырайды, яғни кристалдың симметриясымен және магнит өрісінің бағытымен анықталатын магнитострикция [1, 2].

Магнитострикцияның жоғары мәндері бар Fe-Ga қорытпалары электронды құрылғыларда белсенді түрде қолданылғанымен, олардың функционалдық қасиеттерінің пайда болуының физикалық себептері әлі толық түсінілмеген және түсіндірілмеген. 20 жылдық күш-жігерге қарамастан, Fe-Ga қорытпаларындағы алып магнитострикцияның пайда болу себептері негізінен жұмбақ болып қала береді. Неліктен магниттік емес Ga темір қорытпаларындағы магнитострикцияны соншалықты түбегейлі арттырады, неге магнитострикция константасының Ga мазмұнына тәуелділігі 19% және 27%-де екі максимум көрсетеді. Бұл сұрақты атомдық деңгейде құрылымдық және микроқұрылымдық ақпараттың жоқтығымен, сонымен қатар қыздыру, салқындату және изотермиялық ұстау кезінде болып жатқан фазалық өзгерістер туралы білімнің жетіспеушілігімен байланысты. Металлографиялық талдау, сканерлеу және магниттік күш микроскопиясы, магниттік виброметрия, калориметрия, дилатометрия сияқты әдістердің қолдануы гальфенолдардағы фазалық түрленулердің көптеген ерекшеліктерін анықтағанымен, негізгі сұрақтарға әлі жауап беруде.

Тиісінше, осы мәселелерді шешу үшін эксперименттік әдістерді қолдану өзекті болып табылады, олардың көмегімен жетіспейтін құрылымдық мәліметтерді алуға болады. Соңғы бірнеше жылда сусымалы қорытпалардың және гальфенолдар негізіндегі жұқа қабықтардың құрылымын зерттеу үшін жоғары ажыратымдылықтағы трансмиссиялық электронды микроскопия (HRTEM – жоғары ажыратымдылықтағы трансмиссиялық электронды микроскопия), синхротрондық дифракция (XRD – рентгендік дифракция) әдістері және нейтрондық (ND - нейтрондық дифракция) сәулелену қолданылды. Бұл әдістерді қолдану құйылған және термиялық өңдеуден өткен гальфенолдардың жұқа құрылымын зерттеуге, беттік және көлемді құрылымдардың ерекшеліктерін ашуға ғана емес, сонымен қатар олардың кластерлік құрылымының ерекшеліктерін зерттеу фазалық өзгерістерді ашуға мүмкіндік берді

Гальфенолдарды зерттеуде олардың легірленуі (Al, Sn, V, Cr, Mo, Co, Ni) және, атап айтқанда, сирек жер металдарымен микролегірлену (Tb, Dy, Er, Yb, La, Pr, Sm және т.б.) ерекше рөл алады. Гальфенолдарды легірлеу әдетте екі мақсаттың бірін көздейді: Біріншіден, негізгі функционалдық қасиетіне – магнитострикцияға ең аз зиян келтіре отырып, олардың өңдеуге қабілеттілігін және механикалық қасиеттерінің жиынтығын жақсарту және екіншіден қанығу магнитострикциясын арттыру үшін көздейді. Нәтижесінде легірлеуші элементтерді (LE) таңдау осы екі мәселенің қайсысы шешіліп жатқанымен анықталады. Бұл шолуда біз легірлеу элементтерінің магнитострикцияның өзгеруіне қосқан үлесі және легірлеудің құрылымға,

кластерлік микроқұрылымға және Fe–Ga–LE жүйесіндегі фазалық өзгерістеріне әсерін талдаймыз. Сонымен қатар Fe-Ga қорытпаларындағы құрылымды, фазалық өзгерістерді және серпімсіз әсерлерді, анизотропиялық қасиеттерін зерттейміз.

Қорыта келе, шолу соңғы 50 жылдағы Fe-Ga қорытпаларын зерттеу бойынша жарияланымдарды талдайды. Оларға деген қызығушылық 2000 жылдардың басында, олардың ерекше функционалдық қасиеттерін ашқаннан кейін, яғни жоғары магнитострикциядан кейін пайда болды. Бұл шолуда әдебиеттерде бар фазалық диаграммаларға сыни талдау жүргізіліп, Fe–Ga (галфенолдар) негізіндегі екілік және үштік қорытпалардың қасиеттері мен құрылымы қарастырылады. Жоғары магнитострикцияның қалыптасу үлгілеріне, қыздыру, изотермиялық күйдіру және салқындату кезіндегі бірінші және екінші текті фазалық түрленулердің механизмдері мен кинетикасына кешенді талдау жүргізіледі. Модельге сәйкес наноөлшемді кластерлерді қалыптастыру Fe–Ga қорытпаларының функционалдық қасиеттерін арттыру механизмі болып табылады. Бұл шолу галфенолдарды зерттеу барысында пайда болатын сұрақтарға шешім табуын көздейді.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Белов К.П. Магнитострикционные явления и их технические приложения. М.: Наука, 1987. 160 с.
2. Kawamiya N., Adachi K., Nakamura Yo. Magnetic properties and Mossbauer investigation of Fe–Ga alloys // J. Physical Society of Japan. 1972. V. 33/5. P. 1318–1327.
3. Clark A.E., Restorff J.B., Wun-Fogle M., Lograsso T.A., Schlagel D.L. Magnetostrictive properties of body-centered cubic Fe–Ga and Fe–Ga–Al alloys // IEEE Trans. Magn. 2000. V. 36. P. 3238.
4. Clark A.E. Magnetostrictive Rare Earth-Fe₂ Compounds. Ferromagnetic Materials / In. E.P. Wohlfarth, Ed., North-Holland Publishing Company, Amsterdam, V. 1, Chapter 7, 1980. P. 531–589.
5. Khachatryan A.G., Viehland D. Structurally Heterogeneous Model of Extrinsic Magnetostriction for Fe-Ga and Similar. Magnetic Alloys: Part I. Decomposition and Confined Displacive Transformation // Metallurgical and materials Transaction A. 2007. V.38. P. 2308–2316.