

Структура і властивості магніострикційних матеріалів систем Fe-Ga та Fe-Ga-Al

Гончарук Д. А., науковий співробітник, zoneipm@gmail.com,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1377-9538>

Баглюк Г. А., чл.-кор. НАН України, доктор технічних наук, професор,
gbag@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2392-2687>

Хоменко О. І., старший науковий співробітник, home-n-cow@ukr.net,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8392-4501>

Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України, Київ,
Україна

В статті наведені результати досліджень структури та фазового складу порошкових матеріалів двох та трехкомпонентних систем Fe – Ga і Fe – Ga – Al, та визначені деякі їхні властивості. Зразки для досліджень отримували з суміші попередньо отриманої та подрібненої лігатури складу Fe – 44,9 % мас. Ga (50 % ат. Ga), з порошками заліза (розпиленого) та алюмінію (пульверизованого). Було виготовлено 7 партій різного складу сумішей, які мали або тільки два компонента, а саме Fe – 17,5 % мас. Al та Fe – 21,5 % мас. Ga, або усі три компонента з поступовим заміщенням Al на Ga. Суміші компактували під тиском 700 МПа у вигляді циліндричних пресовок, які потім спікали при температурі 1150 °C протягом 1 год в нейтральному середовищі чистого Ar (99,99 % Ar). Досліджено структуру та фазовий склад отриманих матеріалів. Проведені механічні випробування в умовах одновісного стиснення, визначена корозійна стійкість та оцінено магніострикційні властивості зразків з матеріалів, що є найбільш перспективними для використання у якості магніострикційних матеріалів. Виявлено збільшення твердості та рівня міцності на стиснення матеріалу складу (% мас.): Fe – 1,7Al – 19,3Ga порівняно з матеріалом складу Fe – 21,5 % мас. Ga. За корозійною стійкістю обидва ці матеріали відносяться до корозійностійких матеріалів (3-4 бал за 10-бальною шкалою корозійної стійкості). Для досліджень магнітних властивостей застосовано метод порівняльної оцінки магніострикції відносно еталону, в якості якого виступив зразок з чистого порошкового заліза. В досліджах використовували спеціально розроблене устаткування для спостереження за динамікою процесів перемагнічування матеріалу в змінному магнітному полі. Встановлено, що найвищим рівнем магніострикції володіють матеріали складу Fe – 21,5 % мас. Ga (> 210 ppm, ppm=10⁻⁶). Матеріал складу Fe – 19,3 % мас. Ga – 1,75 % мас. Al, що мав нижчий рівень пружності на стиснення відрізнявся також і меншим значенням магніострикції (> 130 ppm). Рівень магніострикції досліджених матеріалів знаходиться в межах вимог до комерційних деформованих сплавів системи Fe – Ga (галфенолів).

Ключові слова: Fe, Al, Ga, мікроструктура, фазоутворення, мікротвердість, механічні характеристики на стиснення.

Потрійна система Al – Fe – Ga наразі є мало дослідженою, хоча двокомпонентні сплави, що складаються з елементів цієї системи, широко використовуються в техніці і дотепер мають значний потенціал для створення нових функціональних матеріалів. Активний розвиток розробок в цьому напрямку почався завдяки високим значенням магнітних характеристик цих матеріалів в області існування твердих розчинів на основі заліза (20...30 % мас. Ga) [1]. В той же час подвійні сплави системи Fe – Al, також виявилися можливими кандидатами для пристроїв, що використовують магнітомеханічні властивості матеріалів [2] і це сформувало широкий запит на такі сплави в різних галузях виробництва [3, 4]. Оскільки кожний з цих металів має здатність до підвищення функціональних властивостей Fe, актуалізувалося подальше вивчення потрійної системи Fe – Ga – Al.

В [5, 6] вказується на відсутність адитивного ефекту при одночасному легуванні заліза алюмінієм і галієм і суттєвий вплив фазового складу та особливостей структуроутворення на властивості потрійних сплавів.

У зв'язку з цим, метою роботи є дослідження особливостей формування структури та фазоутворення в системі Fe – Al – Ga в області температурного інтервалу вище 650-800 °С, за умови використання порошкових компонентів Fe та Al і лігатурного сплаву Fe – Ga.

Як вихідні компоненти використовували порошки заліза та алюмінію і галій в зливках. Галій вводили у суміш порошків заліза і алюмінію у складі лігатури еквіатомного складу Fe – 44,9 % мас. Ga (50 % ат. Ga), який попередньо отримували за технологічною схемою, представленою в [7]. Склад сумішей мав підбирали з метою дослідити конкуруючий вплив Al та Ga на структуру і фазовий склад потрійних сплавів системи Fe – Al – Ga в температурній області існування твердих розчинів на основі α-Fe. Було виготовлено 7 партій різного складу сумішей, які мали або тільки два компонента, а саме Fe – 17,5 % мас. Al (склад №1) та Fe – 21,5 % мас. Ga, (склад №7), або усі три компонента з поступовим заміщенням Al на Ga (склад № від 2 до 6) (табл. 1).

Таблиця 1

Склад сумішей для виготовлення зразків

Table 1

Composition of mixtures for sample preparation

Склад №	Концентрація елементів в суміші					
	Fe		Al		Ga	
	% мас.	% ат.	% мас.	% ат.	% мас.	% ат.
1	82,5	70,0	17,5	30,0	0	0
2	82,1	70,5	15,8	28,0	2,1	1,5
3	81,3	72,7	12,3	22,7	6,4	4,6
4	80,5	75,1	8,8	16,9	10,7	8,0
5	79,7	77,7	5,3	10,6	15,0	11,7
6	79,0	80,5	1,8	3,7	19,3	15,8
7	78,5	82,1	0	0	21,5	17,9

Основна температура спікання становила 1150 ± 5 °С, при якій зразки витримували протягом 1 год. Зразки з порошкового Fe, без легуючих домішок, які піддавали термообробці разом із дослідними зразками в одній камері.

Фазовий склад отриманих сплавів визначали методами рентгенофазового (РФА) та локального мікрорентгеноспектрального (РСМА) аналізів. Діфрактограми знімали на спектрометрі ДРОН-ЗМ в поточковому режимі в $\text{FeK}\alpha_1$ випромінюванні. РСМА виконували за допомогою мікроскопу JEOL фірми «САМЕСА» (Франція).

Для досліджень магнітних властивостей застосовано метод порівняльної з еталоном оцінки магнітострикції з використанням спеціально розробленого устаткування для спостереження за динамікою процесів перемагнічування матеріалу в змінному магнітному полі.

Спечені зразки мали візуальні ознаки збільшення об'єму в різній мірі, при цьому спостерігається тенденція до збільшення ущільнення (відносної густини порівняно з теор.) зразків потрійного складу зі збільшенням вмісту Ga в матеріалі (рис. 1). Це можливо обумовлено високою дифузійною рухливістю Ga та зміною швидкості та напрямку дифузійних потоків в системі.

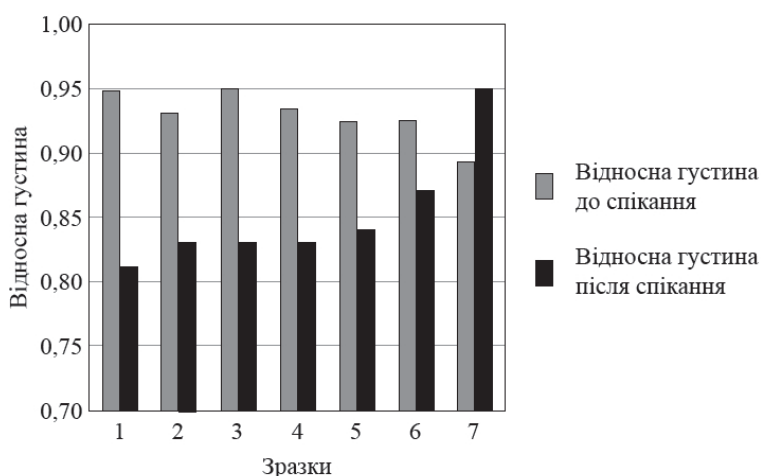


Рис. 1. Відносна густина спечених зразків залежно від їхнього складу (склад див. табл.1).

Fig. 1. Appearance and relative density of sintered samples depending on their composition (content of compositions see table 1).

В структурі зразка двокомпонентного сплаву складу №1, основною складовою, що займає до 90 % об. поверхні шліфа, є фаза на основі Fe. Цей зразок характеризується значною пористістю, тому включає C і O в значній кількості (рис. 2, табл. 2). Згідно РФА основною фазою в структурі цих матеріалів є твердий розчин на основі Fe, в якому розчинені Al та Ga у відповідних пропорціях, крім того, фіксуються локально окремі виділення фаз, що містять, крім основних металів, вуглець та кисень в значних кількостях (до 40...50 % ат.). Однак, необхідно відмітити, що в трикомпонентному сплаві складу №6 та двокомпонентному сплаві складу

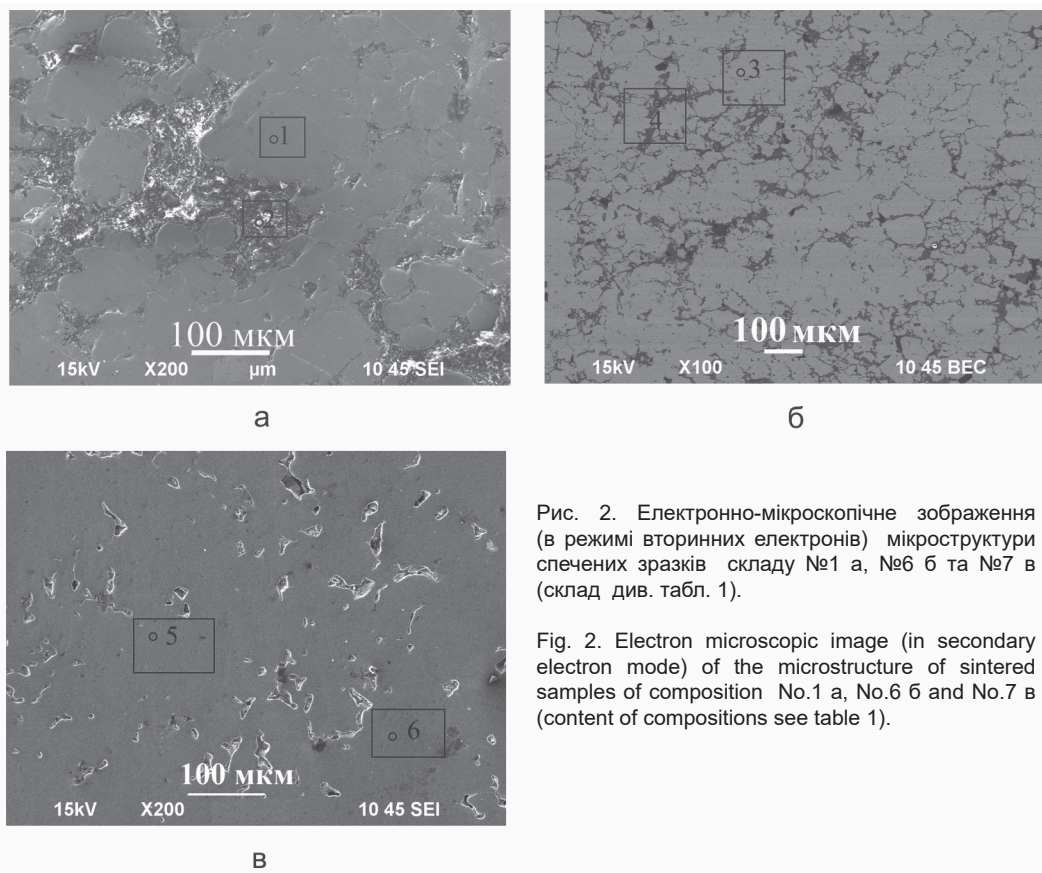


Рис. 2. Електронно-мікроскопічне зображення (в режимі вторинних електронів) мікроструктури спечених зразків складу №1 а, №6 б та №7 в (склад див. табл. 1).

Fig. 2. Electron microscopic image (in secondary electron mode) of the microstructure of sintered samples of composition No.1 а, No.6 б and No.7 в (content of compositions see table 1).

Таблиця 2
Елементний склад фаз в структурі зразків, визначений методом РСМА

Table 2
Elemental composition of phases in the structure of samples determined by the micro X-ray spectral analysis

Склад*, (№ точки)**	C		O		Fe		Al		Ga	
	% мас.	%, ат.	% мас.	%, ат.	% мас.	%, ат.	% мас.	%, ат.	% мас.	%, ат.
№ 1										
(1)	-	-	1,51	4,40	83,56	69,79	14,93	25,81	-	-
(2)	32,95	57,29	16,82	21,95	45,26	16,92	4,97	3,84	-	-
№ 6										
(3)	-	-	0,95	3,32	76,35	76,48	1,56	3,23	21,14	16,96
(4)	-	-	0,92	3,2	76,35	76,02	1,7	3,52	21,5	17,26
№ 7										
(5)	-	-	0,81	2,90	76,38	78,36	-	-	22,81	18,74
(6)	-	-	0,84	3,00	76,07	78,03	-	-	23,09	18,97
Примітка: * склад див. табл. 1; ** розташування «точок» див. на рис. 2.										

№7 вуглець не виявляється. Матеріал двокомпонентного складу №7 містить основну фазу на основі Fe доволі однорідного складу, решта площі шліфа займають пори (4-6 % об.), кисень присутній в незначній кількості.

Мікротвердість твердого розчину на основі α -Fe знижується з поступовим заміщенням атомів Al на атоми Ga в його складі (рис. 3). Мікротвердість зразка з чистого Fe є відчутно нижче діапазону змін цього параметра в зразках двокомпонентного та трикомпонентного складу порівняної пористості. Цей ефект є очікуваним, оскільки розчинення багатьох металів в α -Fe супроводжується його зміцненням [8].

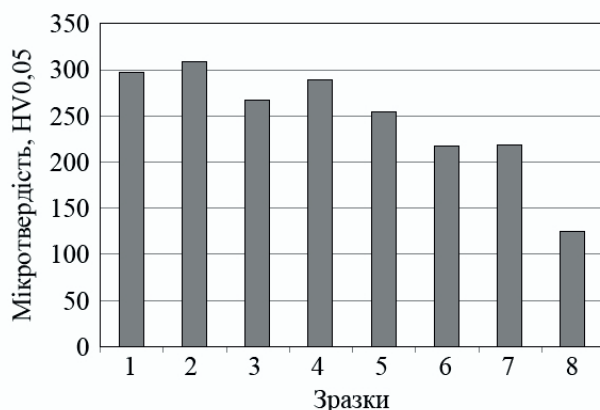


Рис. 3. Мікротвердість твердого розчину на основі α -Fe в структурі зразків (склад див. табл. 1).

Fig. 3. Microhardness of solid solution based on α -Fe in the structure of samples (content of compositions see table 1).

Визначення твердості зразків за Брінеллем через високу чутливість цієї характеристики до пористості зразків, виявилися дещо зниженими, порівняно з результатами, отриманими при вимірюванні мікротвердості за Вікерсом. Так, твердість за Брінеллем зразків двокомпонентного та трикомпонентного складів № від 1 до 5, що мали пористість на рівні 16-19 %, визначити коректно не вдалося, через суттєву деформацію відбитка індентора. Для зразків з трикомпонентного матеріалу складу №6 і для зразків з чистого Fe, що мають порівнювані значення пористості (10-13 %) цей показник варіюється в межах 83...93 HB, що дещо нижче значень, отриманих при вимірюванні мікротвердості (див. рис. 3). Водночас з цим, двокомпонентний матеріал складу №7, що має мінімальну пористість після спікання (4-6 %) характеризується твердістю на рівні 119...123 HB і ці значення добре узгоджуються з даними, отриманими в результаті вимірювання мікротвердості за Вікерсом.

Зразки складу №6 та №7, що мали найбільше ущільнення після спікання, піддавали механічним та магнітострикційним випробуванням разом із зразками з чистого Fe для порівняння.

Механічні випробування на стискання зразків показали, що для трикомпонентного матеріалу складу №6 границя міцності досягає величин 680 МПа, тоді як для двокомпонентного сплаву №7 та чистого заліза руйнування в умовах випробувань не відбувається, оскільки обидва матеріали

Структура та фізико-механічні властивості

характеризуються високою пластичністю і не руйнуються, досягаючи значної деформації під навантаженням (табл. 3).

Таблиця 3

Пористість та механічні характеристики спечених зразків в залежності від їх складу

Table 3

Porosity and mechanical characteristics of sintered samples depending on their composition

Склад *	Щільність зразків, % від теор.	Механічні характеристики при випробуваннях на стискання		
		Границя плинності (умовна) $\sigma_{\text{плин}}$, МПа	Границя міцності $\sigma_{\text{стиск}}$, МПа	Деформація при стисненні, ε , %
№ 6	0,87	294±10	680±50	27
№ 7	0,95	379±20	>2083	82
Fe	0,90	336±10	>2760	75

Примітка: *склад див. табл. 1

Підвищення міцності матеріалу потрібного складу Fe–1,7Al–19,3Ga, як і збільшення його твердості порівняно з чистим залізом і двокомпонентним сплавом заліза з алюмінієм, вказує на адитивний ефект зміцнення твердого розчину на основі Fe при одночасному розчиненні в ньому Al та Ga. Достатньо високі механічні характеристики, отримані при випробуваннях вказують на наявний потенціал щодо подальшого суттєвого зміцнення цих матеріалів у разі їх додаткового ущільнення. Отриманий рівень міцності трикомпонентного сплаву № 6 є порівняним із міцністю монокристалів Fe–(20-25 %)Ga, які позиціонуються в класі магнітострикційних матеріалів як матеріали підвищеної міцності [1].

Проведено випробування корозійної стійкості цих зразків у нейтральному водному розчині 3-х % NaCl (рН≈7) протягом 141 год. Зразки періодично занурювали у розчини на 30 хв, з наступним виносом та витримкою на повітрі протягом 15 хв. Вважається, що такий режим перешкоджає розвитку застійних явищ на межі поверхні зразків із розчином, які гальмують процеси окиснення. Температура розчину складала 40±5 °С, повітря – 38±5 °С. Після випробувань зразки проходили візуальний огляд для визначення характеру корозії, а потім їх висушували і зважували. Після зважування зразки піддавали механічній чистці для зчищення залишків продуктів корозії на їх поверхні, з подальшою ультразвуковою обробкою у розчині етилового спирту протягом 3-5 хв, та висушуванням у вакуумній сушильній шафі протягом 30 хв.

Кількісну оцінку втрат маси матеріалу під час корозії розраховували, використовуючи від'ємний показник корозії K, а також параметр K⁻, який

є базовою величиною, що безпосередньо використовується в розрахунках глибинного П, який характеризує зменшення товщини матеріалу внаслідок корозії і виражається в лінійних одиницях, віднесених до одиниці часу.

Результати випробувань показали, що зразки обох складів за корозійною стійкістю відносяться до корозійностійких матеріалів (3-4 бал за 10-бальною шкалою корозійної стійкості згідно ДСТУ 13819-68). Встановлено, що в продуктах корозії присутній в основному $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Для дослідження магнітострикційних властивостей оцінювали приріст відносного подовження зразків від напруженості змінного магнітного поля (рис. 4). Ці кількісні оцінки досить добре узгоджуються з результатами досліджень магнітострикції стандартними методами, а графіки залежності магнітострикції від напруженості магнітного поля аналогічні залежностям, отриманим в результаті вимірювань тензOMETричним методом в постійному магнітному полі.

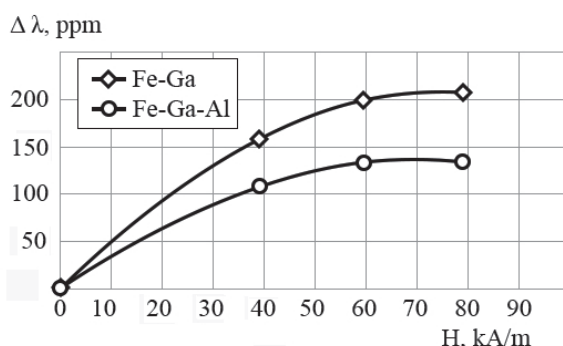


Рис. 4. Залежності приросту відносного подовження зразків ($\Delta\lambda$) від напруженості змінного магнітного поля (H).

Fig. 4. Dependences of the increase in the relative elongation of samples ($\Delta\lambda$) on the alternating magnetic field strength (H).

Встановлено, що найвищим рівнем магнітострикції володіє двокомпонентний матеріал складу №7 (>210 ppm). Трикомпонентний матеріал складу №6, що мав нижчий рівень пружності на стискання відрізнявся також і меншим значенням магнітострикції (>130 ppm). Рівень магнітострикції досліджених матеріалів знаходиться в межах вимог до комерційних деформованих сплавів системи Fe – Ga (галфенолів).

Висновки

Досліджено структуру та деякі властивості магнітострикційних матеріалів систем Fe – 21,5 % мас. Ga та (78...82) % мас. Fe – (Ga+Al), отриманих спіканням при температурі 1150 °C в нейтральному середовищі Ar протягом 1 год. Механічні випробування зразків показали збільшення твердості та рівня міцності на стиснення матеріалу потрібного складу Fe – 1,7Al – 19,3Ga порівняно з матеріалами складу Fe – 21,5Ga та чистого Fe. За корозійною стійкістю ці матеріали відносяться до корозійностійких матеріалів (3-4 бал за 10-бальною шкалою корозійної стійкості згідно ДСТУ 13819-68).

Встановлено, що найвищим рівнем магнітострикції володіють матеріали складу Fe – 21,5 % мас. Ga (>210 ppm). Матеріал складу Fe – 19,3 % мас. Ga – 1,75 % мас. Al, що мав нижчий рівень пружності на стискання відрізнявся також і меншим значенням магнітострикції (>130 ppm). Рівень магнітострикції досліджених матеріалів знаходиться в межах вимог до комерційних деформованих сплавів системи Fe – Ga (галфенолів).

Література

1. Qiao R., Gou J., T. Yang, Y. Zhang, F. Liu, S., T. Ma. Enhanced damping capacity of ferromagnetic Fe – Ga alloys by introducing structural defects // *Journal of Materials Science & Technology*. – 2021. – No. 84. – P. 173-181. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2020.12.061>
2. Konrad J., Zaeferrer S., Schneider A., Raabe D., Frommeyer G. Hot deformation behavior of a Fe₃Al-binary alloy in the A2 and B2-order regimes // *Intermetallics*. – 2005. – No. 13(12). – P. 1304-1312. <https://doi.org/10.1016/j.intermet.2004.10.017>
3. Liu C.T., George E.P., Maziasz P.J., Schneibel J.H. Recent advances in B2 iron aluminide alloys: formation, fracture and alloy design // *Mater. Sci. Eng., A*. – 1998. – No. 258(1-2). – P. 84-98. [https://doi.org/10.1016/S0921-5093\(98\)00921-6](https://doi.org/10.1016/S0921-5093(98)00921-6)
4. Chengde Gao, Zihao Zeng, Shuping Peng, Cijun Shuai (2022). Magnetostrictive alloys: Promising materials for biomedical applications. // *Bioactive Materials*. – 2022. – No. 8. – P. 177-195. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2021.06.025>
5. Restor J.B., Wun-Fogle M., Clark A.E., Lograsso T.A., Ross A.R., Schlagel D.L. Magnetostriction of ternary Fe-Ga-X alloys (X = Ni, Mo, Sn, Al). // *J. Appl. Phys.*, 2002. – No. 91(10). – P. 8225-8227. <https://doi.org/10.1063/1.1452220>
6. Golovin I.S., Palacheva V.V., Bazlov A.I., Cifre J., Pons J. Structure and anelasticity of Fe₃Ga and Fe₃(Ga, Al) type alloys. // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2015. – No. 644. – P. 959-967. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2015.04.150>
7. Гончарук Д.А., Гріпачевський О.М., Хоменко О.В., Молчановська Г.М., Максимова Г.О. Дослідження особливостей формування структури сплаву Fe - 55 % мас. Ga. // *Наукові нотатки*. – 2022. No. 73. – С. 171-177. <https://doi.org/10.36910/775.24153966.2022.73.25>
8. Basariya M. and Mukhopadhyay N. Structural and Mechanical Behaviour of Al-Fe Intermetallics. ISBN978-1-83881-298-0, 2018, 226 p. <https://doi.org/10.5772/intechopen.73944>

References

1. Qiao R., Gou J., T. Yang, Y. Zhang, F. Liu, S., T. Ma, *Journal of Materials Science & Technology*, 2021, No. 84, pp. 173-181. [in English]. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2020.12.061>
2. Konrad J., Zaeferrer S., Schneider A., Raabe D., Frommeyer G., *Intermetallics*, 2005, No. 13(12), pp. 1304-1312. [in English]. <https://doi.org/10.1016/j.intermet.2004.10.017>

3. Liu C.T., George E.P., Maziasz P.J., Schneibel J.H., *Mater. Sci. Eng., A*, 1998, No. 258 (1-2), pp. 84-98. [in English]. [https://doi.org/10.1016/S0921-5093\(98\)00921-6](https://doi.org/10.1016/S0921-5093(98)00921-6)
4. Chengde Gao, Zihao Zeng, Shuping Peng, Cijun Shuai, *Bioactive Materials*, 2022, No. 8, pp. 177-195. [in English]. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2021.06.025>
5. Restor J.B., Wun-Fogle M., Clark A.E., Lograsso T.A., Ross A.R., Schlagel D.L., *J. Appl. Phys.*, 2002, No. 91(10), pp. 8225-8227. [in English]. <https://doi.org/10.1063/1.1452220>
6. Golovin I.S., Palacheva V.V., Bazlov A.I., Cifre J., Pons J. *Journal of Alloys and Compounds*, 2015, No. 644, pp. 959-967. [in English]. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2015.04.150>
7. Honcharuk D.A., Hrypachevsky O.M., Khomenko O.V., Molchanovska G.M., Maksymova G.O., *Scientific notes*, 2022, No. 73, pp. 171-177. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.36910/775.24153966.2022.73.25>
8. Basariya M. and N. Mukhopadhyay. *Structural and Mechanical Behaviour of Al-Fe Intermetallics*. 2018, ISBN978-1-83881-298-0, 226 p. [in English].

Одержано 17.01.25

Structure and properties of magnetostrictive materials of the Fe-Ga and Fe-Ga-Al systems

D. A. Goncharuk, researcher, zoneipm@gmail.com,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1377-9538>

G. A. Baglyuk, corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, professor, gbag@ukr.net,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2392-2687>

O. I. Khomenko, Senior Researcher, home-n-cow@ukr.net,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8392-4501>

Frantsevich Institute for Problems in Materials Science NASU, Kyiv, Ukraine

Summary

The article presents the results of studies of the structure and phase composition of powder materials of two- and three-component systems Fe – Ga and Fe – Ga – Al, and determines some of their properties. Samples for research were obtained from a mixture of previously obtained and crushed ligature of composition Fe – 44.9 wt. % Ga (50 at. % Ga), with iron powders (sprayed) and aluminum (pulverized). 7 batches of different compositions of mixtures were produced, which had either only two components, namely Fe – 17.5 wt. % Al and Fe – 21.5 wt. % Ga, or all three components with gradual replacement of Al by Ga. The mixtures were compacted under a pressure of 700 MPa in the form of cylindrical pressings, which were then sintered at a temperature of 1150 °C for 1 h in a neutral environment of pure Ar (99.99 % Ar). The structure and phase composition of the obtained materials were studied. Mechanical tests were

conducted under uniaxial compression conditions, corrosion resistance was determined, and magnetostrictive properties of samples from materials that are most promising for use as magnetostrictive materials were evaluated. An increase in hardness and level of compressive strength of the material composition (% wt.): Fe – 1.7Al – 19.3Ga compared to the material composition Fe – 21.5 wt. % Ga was found. In terms of corrosion resistance, both of these materials belong to corrosion-resistant materials (3-4 points on a 10-point scale of corrosion resistance). To study magnetic properties, the method of comparative assessment of magnetostriction relative to the standard, which was a sample of pure powdered iron, was used. The experiments used specially designed equipment to observe the dynamics of the processes of remagnetization of the material in an alternating magnetic field. It was found that the highest level of magnetostriction is possessed by materials of the dual composition Fe – 21.5 wt. % Ga (>210 ppm, ppm=10⁻⁶). The material of the composition Fe – 19.3 wt. %Ga – 1.75 wt. % Al, which had a lower level of elasticity in compression, was also distinguished by a lower value of magnetostriction (>130 ppm). The level of magnetostriction of the studied materials is within the requirements for commercial deformed alloys Fe – Ga (galphenols).

Keywords: Fe, Al, Ga, microstructure, phase formation, microhardness, mechanical characteristics in compression.

Журнал **МОН** внесено до Переліку наукових фахових видань України згідно з наказом Міністерства освіти і науки України №409 від 17.03.2020.

Повна назва журналу
**"Науково-технічний журнал
"Металознавство та обробка металів"**

Вартість одного номера журналу - 150 грн.
Перед оплатою необхідно узгодити потрібну кількість номерів з редакцією.

Оплата здійснюється на розрахунковий рахунок Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України.

Доступні архівні номери журналу з 1995 р. по 2024 р. включно.

**Розрахунковий рахунок для замовників,
спонсорів і рекламодавців:**
р/р UA828201720313251001201012215,
банк ДКСУ в м. Києві код банку 820172
Отримувач - ФТІМС НАН України, код ЄДРПОУ 05417153,
з посиланням на журнал "МОН"

Копію документа оплати та відомості про отримувача
просимо надсилати до редакції,
вказавши номер і дату платіжного документа.