

УДК 54-161+544.653.22

<https://doi.org/10.37827/ntsh.chem.2024.75.017>

**Оксана ГЕРЦИК¹, Віктор НОСЕНКО², Мирослава КОВБУЗ¹,
Наталія ПАНДЯК³, Мирослава ТАШАК⁴**

ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ПАРАМЕТАРИ МОДИФІКОВАНОГО АМОРФНОГО СПЛАВУ У ВОДНИХ РОЗЧИНАХ РІЗНОЇ ПРИРОДИ

¹Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Кирила і Мефодія, 6, 79005 Львів, Україна,
e-mail: oksana.hertsyk@lnu.edu.ua

²Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України,
бульвар Академіка Вернадського, 36, 02000 Київ, Україна

³Національний лісотехнічний університет України,
вул. Генерала Чупринки, 103, 79057 Львів, Україна

⁴Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. Степана Бандери, 12, 79013 Львів, Україна

Різними електрохімічними методами досліджено корозійну тривкість модифікованого змінним магнітним полем стрічкового аморфного сплаву $Fe_{80}Si_6B_{14}$ у 0,5 М водних розчинах NaCl, NaOH та HCl. Підтверджено, що корозійна тривкість стрічки суттєво залежить від тривалості модифікації та природи агресивного середовища.

Усталено вищу корозійну тривкість модифікованих змінним магнітним полем зразків $Fe_{80}Si_6B_{14}$ у 0,5 М водному розчині HCl.

Стрічковий аморфний сплав $Fe_{80}Si_6B_{14}$ виявляє виняткову тривкість до тривалої модифікації у змінному магнітному полі при подальшому перебуванні зразків у 0,5 М водних розчинах NaOH та HCl.

Ключові слова: аморфні металеві сплави, електрохімічні параметри, модифікація, змінне магнітне поле.

Вступ

Аморфні металеві сплави (АМС) мають високу корозійну тривкість, яка може бути суттєво вищою ніж у нержавіючих сталей [1–5]. Завдяки особливим фізико-хімічним властивостям АМС є не тільки об'єктами фундаментальних наукових досліджень, а й також новим класом промислових матеріалів, які призначені для застосування в реальних приладах і пристроях сучасної техніки [6–10].

Оскільки феромагнітні аморфні сплави на основі Fe знаходять широке застосування як магнітні матеріали, то їхня експлуатація пов'язана з використанням зовнішніх магнітних полів. Такі зовнішні впливи можуть змінювати, зокрема, корозійну тривкість аморфних матеріалів [11–15].

Дифрактометричні дослідження попереднього витриманої в магнітному полі від 7 до 204 діб аморфної стрічки $\text{Fe}_{71,8}\text{Si}_{17,3}\text{B}_{6,4}\text{Cu}_{1,0}\text{Nb}_{1,95}\text{Co}_{1,55}$, виявили, що зразки залишилися в аморфному стані, без будь-яких ознак перебігу кристалізаційних процесів. Однак поверхнева концентрація компонентів аморфного сплаву змінювалась немонотонно із зростанням експозиції стрічки в магнітному полі. Зокрема, простежувалася тенденція до зростання на поверхні вмісту Si, B, Nb та O і зменшення концентрації Fe. Мікромеханічні властивості аморфних металевих сплавів, індикатором яких є величина мікротвердості, під впливом слабого магнітного поля також зазнають істотних змін. Витримка аморфних сплавів і $\text{Fe}_{77}\text{Si}_8\text{B}_{15}$ і $\text{Fe}_{71,8}\text{Si}_{17,3}\text{B}_{6,4}\text{Cu}_{1,0}\text{Nb}_{1,95}\text{Co}_{1,55}$ у магніті з різною тривалістю приводила до немонотонної зміни мікротвердості.

Окрім постійних, аморфні матеріали можуть перебувати під впливом змінних магнітних полів (ЗМП). Попереднє витримування у магнітних полях, зокрема, змінних, можна використовувати для модифікації АМС.

Відомі результати досліджень [5] впливу ЗМП на електрохімічні параметри корозії аморфних сплавів на основі Fe в 0,5 М водному розчині NaCl, які є неоднозначними. Потенціометрична оцінка хімічної активності вихідних АМС та попередньо витриманих у ЗМП продемонструвала, що простежується зсув значень потенціалу у катодний бік (хімічна активація поверхні). У випадку $\text{Fe}_{73,1}\text{Cu}_{1,0}\text{Nb}_{3,0}\text{Si}_{15,5}\text{B}_{7,4}$ кінцеві значення потенціалів практично збігаються. Зниження корозійної тривкості після експозиції у ЗМП зумовлене руйнуванням оксидних захисних шарів і активацією поверхні внаслідок руху доменів та інтенсифікації процесів виходу атомів реакційноздатніших елементів. Для АМС $\text{Fe}_{78,5}\text{Ni}_{1,0}\text{Mo}_{0,5}\text{Si}_{14,0}\text{B}_{6,0}$ дія ЗМП, навпаки, підвищує хімічний опір зразків, очевидно, внаслідок виходу на поверхню елементів, які активно взаємодіють з киснем атмосфери. Значення стаціонарних потенціалів для кожного із сплавів після одної три-годинної обробки ЗМП практично не відрізняються [5]. Попереднє тригодинне витримування зразків АМС у ЗМП повністю змінює форму їх вольтамперограм у 0,5 М водному NaCl. Внаслідок тривалої дії ЗМП багатостадійне окиснення АМС на основі Fe спрощується.

У зв'язку з цим, доцільними є електрохімічні дослідження АМС $\text{Fe}_{80}\text{Si}_6\text{B}_{14}$ у різних агресивних середовищах. Пошук оптимальних режимів модифікації для досягнення заданих фізико-хімічних властивостей зразків, дає змогу змінювати їхню корозійну тривкість.

Матеріали та методика експерименту

Досліджували особливості корозійної тривкості стрічкового аморфного сплаву $\text{Fe}_{80}\text{Si}_6\text{B}_{14}$, одержаного методом надшвидкого охолодження розплаву, для якого розрізняють контактну (к) та зовнішню (з) поверхні, які мають різний елементний склад і властивості.

Електрохімічні дослідження АМС-електродів у 0,5 М водних розчинах NaCl, HCl та NaOH проводили методом хронопотенціометрії та циклічної вольтамперометрії з використанням потенціостату Jaissle Potentiostat-Halvanostat IPM 88 PC-R.

Модифікацію зразків стрічкового аморфного сплаву $\text{Fe}_{80}\text{Si}_6\text{B}_{14}$ проводили витримуванням у змінному магнітному полі (частота 50 Гц) протягом 0,5–3,0 год.

Результати та обговорення

Хронопотенціометричне дослідження зміни корозійної тривкості АМС $\text{Fe}_{80}\text{Si}_6\text{B}_{14}$ модифікованих витриманням у ЗМП (рис. 1, табл. 1) протягом (0,5–3,0) год у розчині NaCl виявило, що для контактної боці стрічки корозійна тривкість досліджуваного зразка збільшується, про що свідчить зсув значень потенціалів у анодний бік. Найбільший зсув на 0,3 В простежувався у випадку перебування у ЗМП 3 год.

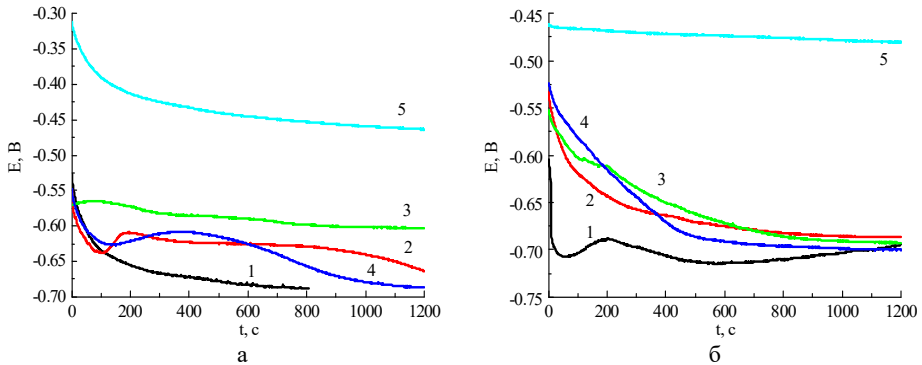


Рис. 1. Кінетика усталення потенціалу контактної (а) та зовнішньої (б) поверхонь стрічки $\text{Fe}_{80}\text{Si}_6\text{B}_{14}$ (1) у 0,5 М водному розчині NaCl , попередньо витриманих у змінному магнітному полі: 0,5 год (2), 1 год (3), 2 год (4), 3 год (5).

Fig. 1. Kinetics of establishing the potential of the contact (a) and outer (b) surfaces of the $\text{Fe}_{80}\text{Si}_6\text{B}_{14}$ tape (1) in a 0.5 M aqueous solution of NaCl , previously kept in the alternating magnetic field: 0.5 h (2), 1 h (3), 2 h (4), 3 hours (5).

Таблиця 1

Результати потенціометричного дослідження АМС $\text{Fe}_{80}\text{Si}_6\text{B}_{14}$ у 0,5 М водних розчинах, попередньо витриманих у ЗМП

Table 1

Results of a potentiometric study of AMA $\text{Fe}_{80}\text{Si}_6\text{B}_{14}$ in 0.5 M aqueous solutions previously kept in an alternating magnetic field

Тривалість дії ЗМП, год	Поверхня	NaCl		NaOH		HCl	
		E_0 , В	E_K , В	E_0 , В	E_K , В	E_0 , В	E_K , В
–	к	-0,52	-0,69	-0,46	-0,56	-0,45	-0,47
	з	-0,60	-0,70	-0,37	-0,57	-0,49	-0,48
0,5	к	-0,54	-0,67	-0,60	-0,63	-0,44	-0,45
	з	-0,53	-0,69	-0,53	-0,52	-0,48	-0,45
1,0	к	-0,54	-0,68	-0,56	-0,68	-0,51	-0,69
	з	-0,50	-0,57	-0,52	-0,69	-0,47	-0,68
2,0	к	-0,46	-0,61	-0,51	-0,57	-0,52	-0,61
	з	-0,49	-0,68	-0,59	-0,58	-0,58	-0,67
3,0	к	-0,31	-0,46	-0,55	-0,68	-0,43	-0,45
	з	-0,46	-0,48	-0,59	-0,68	-0,47	-0,47

Для зовнішньої поверхні стрічки $\text{Fe}_{80}\text{Si}_6\text{B}_{14}$ простежувався зсув потенціалів на $\approx 0,25$ В у бік додатніших значень. Криві встановлення потенціалу для зразків, які перебували у ЗМП протягом (0,5–1,0) год, практично, накладаються і кінцеві значення потенціалів збігаються зі значеннями вихідного зразка. Тобто ефективним для обох поверхонь стрічки АМС $\text{Fe}_{80}\text{Si}_6\text{B}_{14}$ був лише тривалий тригодинний вплив ЗМП.

Дослідження впливу попереднього витримування зразків сплаву $\text{Fe}_{80}\text{Si}_6\text{B}_{14}$ у ЗМП на корозійну тривкість у 0,5 М водному розчині NaCl виконували також методом циклічної вольтамперометрії, тобто при додатковому навантаженні зразків циклічним скануванням потенціалу (рис. 2; табл. 2).

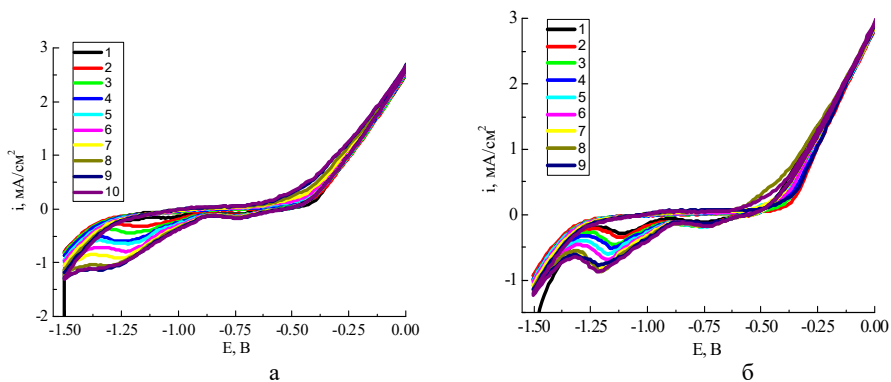


Рис. 2. Циклічні вольтамперограми контактної (а) та зовнішньої (б) поверхонь АМС $\text{Fe}_{80}\text{Si}_6\text{B}_{14}$ у 0,5 М водному розчині NaCl після витримування у змінному магнітному полі: 0,5 год (а) та 2,0 год (б) (1–10 – номер циклу).

Fig. 2. Cyclic voltammograms of the contact (a) and outer (b) surfaces of AMA $\text{Fe}_{80}\text{Si}_6\text{B}_{14}$ in a 0.5 M NaCl aqueous solution after exposure to an alternating magnetic field: 0.5 h (a) and 2.0 h (b) (1–10 – cycle number).

Форма циклічних вольтамперограм для вихідних зразків АМС і підданих дії ЗМП змінюється. Зі збільшенням тривалості контакту з агресивним середовищем простежується як активація, так і пасивація поверхні сплаву, що відображається, відповідно, зростанням або зниженням величини струмів корозії та нелінійною зміною значень потенціалів корозії (табл. 2). Для контактної поверхні стрічки потенціали корозії зсунулись у катодний бік, що свідчить про руйнівний вплив агресивного середовища та накладання зовнішнього потенціалу.

Менш тривалий вплив ЗМП (0,5 год) на досліджуваний зразок найсильніше знизив корозійну тривкість контактної поверхні стрічки, про що свідчать найвід'ємніші значення потенціалів корозії та найвищі струми корозії (рис. 3, табл. 2). Для зовнішнього боку стрічки у випадку одно- та тригодинного перебування у ЗМП знижуються струми корозії, а потенціали корозії набувають додатніших значень, тобто поверхня АМС пасивується.

Отже, підбором тривалості експозиції у ЗМП можна досягати як активації, так і пасивації поверхні АМС $\text{Fe}_{80}\text{Si}_6\text{B}_{14}$, що є важливим у разі його використання як каталізатора або для формування на ньому різних поверхневих шарів.

Таблиця 2

Електрохімічні параметри корозії контактної та зовнішньої поверхонь АМС Fe₈₀Si₆B₁₄ у 0,5 М водному розчині NaCl вихідного та після витримування у змінному магнітному полі

Table 2

Electrochemical parameters of corrosion of contact and external surfaces of AMC Fe₈₀Si₆B₁₄ in 0.5 M NaCl aqueous solution initially and after exposure to an alternating magnetic field

Цикл	Бік	Тривалість дії ЗМП									
		-		0,5 год		1,0 год		2,0 год		3,0 год	
		-E _{кор} , В	i _{кор} · 10 ⁴ , А/см ²	-E _{кор} , В	i _{кор} · 10 ⁴ , А/см ²	-E _{кор} , В	i _{кор} · 10 ⁴ , А/см ²	-E _{кор} , В	i _{кор} · 10 ⁴ , А/см ²	-E _{кор} , В	i _{кор} · 10 ⁴ , А/см ²
1	к	0,60	1,36	0,76	2,72	0,95	1,14	0,86	2,52	0,71	1,64
	з	0,82	7,10	0,8	1,81	0,78	1,50	0,82	3,91	0,76	1,31
5	к	0,76	0,95	0,87	2,45	0,73	1,41	0,88	2,01	0,84	2,24
	з	0,87	1,41	0,85	2,32	0,78	1,20	0,87	2,40	0,9	4,60
10	к	0,78	0,64	1,00	3,63	0,75	0,90	0,77	2,44	0,86	1,21
	з	0,88	2,62	0,88	2,10	0,83	2,52	0,91	9,40	0,89	1,62

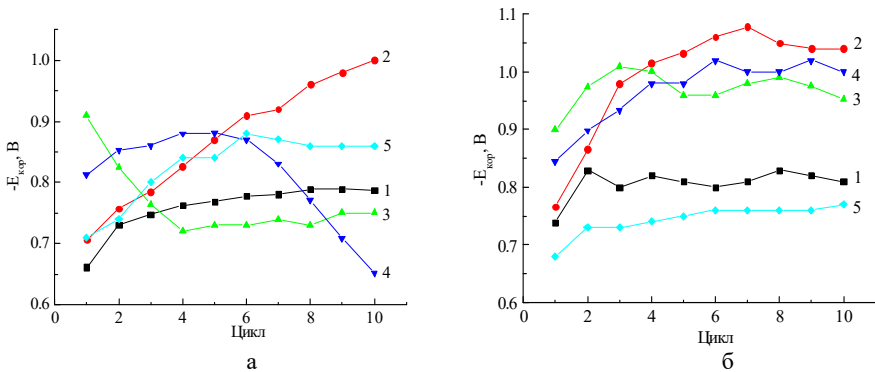


Рис. 3. Зміна потенціалів корозії E_{кор} у 0,5 М водному розчині NaCl контактної (а) та зовнішньої (б) поверхонь стрічки АМС Fe₈₀Si₆B₁₄ вихідного (1) та підданого впливу ЗМП протягом 0,5 год (2), 1 год (3), 2 год (4) та 3 год (5).

Fig. 3. Change in E_{cor} corrosion potentials in a 0.5 M NaCl aqueous solution of the contact (a) and outer (b) surfaces of the AMA tape Fe₈₀Si₆B₁₄ original (1) and exposed to the alternating magnetic field for 0.5 h (2), 1 h (3), 2 hours (4) and 3 hours (5).

Аналогічні хронопотенціометричні дослідження зміни корозійної тривкості АМС Fe₈₀Si₆B₁₄ у 0,5 М водному розчині NaOH після попереднього витримування у ЗМП (рис. 4, табл. 1) підтвердили, що для обох поверхонь стрічки така модифі-

кація приводить до зниження корозійної тривкості зразків, значення потенціалів зсуваються у катодний бік. Зсув потенціалів у від'ємний бік є несуттєвим ($\approx 0,12-0,16$ В). Тобто такий сплав демонструє високу тривкість до ЗМП у випадку подальшого застосування зразків у лужних розчинах.

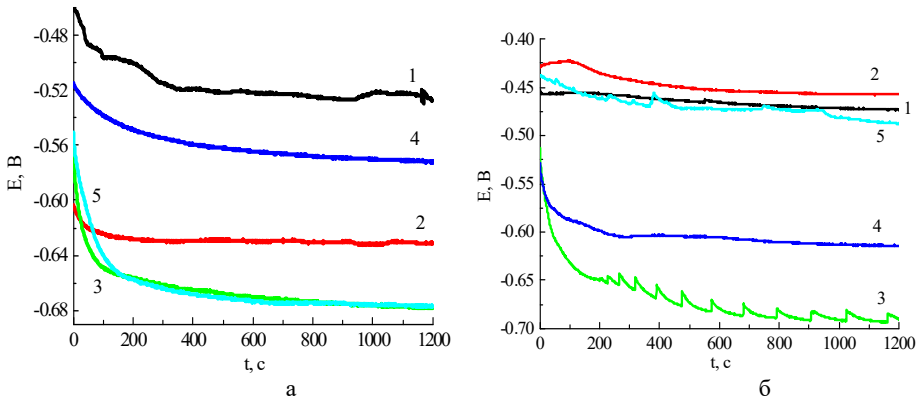


Рис. 4. Кінетика усталення потенціалу контактної поверхні стрічки AMC Fe₈₀Si₆B₁₄ у 0,5 М водних розчинах NaOH (а) та HCl (б), попередньо витриманих у ЗМП протягом 0,5 год (2), 1 год (3), 2 год (4), 3 год (5).

Fig. 4. Kinetics of establishing the potential of the contact surface of the Fe₈₀Si₆B₁₄ AMC tape in 0.5 M aqueous solutions of NaOH (a) and HCl (b), previously kept in an alternating magnetic field for 0.5 h (2), 1 h (3), 2 h (4), 3 hours (5).

Вольтамперометричне дослідження зразків AMC Fe₈₀Si₆B₁₄ у лужному розчині виявило доволі високу тривкість такого сплаву до дії ЗМП. Про це свідчить незначна різниця між електрохімічними параметрами модифікованих і вихідного зразків (табл. 3). Отже, аморфний сплав Fe₈₀Si₆B₁₄ є винятково стійким у лужних розчинах у випадку його модифікації ЗМП.

Хронопотенціометричне дослідження корозійної тривкості AMC Fe₈₀Si₆B₁₄ у 0,5 М водному розчині HCl після попереднього витримування у ЗМП (рис. 4, табл. 1) продемонструвало зниження корозійної тривкості після одно та двогодинного намагнічування у ЗМП. У цьому випадку потенціали зсуваються у катодний бік $\approx 0,15$ В для зовнішнього боку і $\approx 0,25$ В для контактного боку, який виявляється чутливішим до такої модифікації. Перебування у ЗМП 0,5 та 3,0 год майже не вплинуло на досліджувані зразки.

Результати вольтамперометричного дослідження AMC Fe₈₀Si₆B₁₄ у розчині кислоти представлені в табл. 3. Струми корозії для зразків, які піддавали впливу ЗМП, знижуються, що може свідчити про те, що руйнівні електрохімічні процеси в такому випадку відбуваються з меншою швидкістю та інтенсивністю. Тобто розчинення захисних поверхневих плівок за одночасної дії агресивного середовища і циклічному накладанні зовнішнього потенціалу відбувається повільніше, оскільки корозійна тривкість модифікованого зразка дещо збільшилась. У кислих розчинах Fe₈₀Si₆B₁₄ виявляє тривкість до тривалої модифікації у ЗМП.

Якщо порівняти електрохімічну поведінку модифікованих ЗМП зразків АМС $\text{Fe}_{80}\text{Si}_6\text{B}_{14}$ у 0,5 М розчинах NaCl, NaOH та HCl (рис. 5), то бачимо, що найбільш тривкими такі модифіковані зразки виявились у кислому розчині.

Таблиця 3

Електрохімічні параметри корозії контактної та зовнішньої поверхонь стрічки вихідних та витриманих у змінному магнітному полі зразків аморфного сплаву $\text{Fe}_{80}\text{Si}_6\text{B}_{14}$ у водних розчинах в залежності від кількості циклів сканування потенціалів

Table 3

Electrochemical parameters of corrosion of the contact and outer surfaces of the tape of the original and samples of the amorphous $\text{Fe}_{80}\text{Si}_6\text{B}_{14}$ alloy kept in an alternating magnetic field in aqueous solutions depending on the number of cycles of potential scanning

Цикл	Поверхня	Тривалість дії ЗМП			
		–		3,0 год	
		$-E_{\text{кор}}, \text{В}$	$i_{\text{кор}} \cdot 10^4, \text{А/см}^2$	$-E_{\text{кор}}, \text{В}$	$i_{\text{кор}} \cdot 10^4, \text{А/см}^2$
0,5 М NaOH					
1	к	0,72	0,56	0,70	1,17
	з	0,83	0,49	0,89	0,47
5	к	0,85	0,58	0,86	0,42
	з	0,84	0,05	0,86	1,14
10	к	0,86	0,71	0,88	0,83
	з	0,89	0,38	0,89	0,89
0,5 М HCl					
1	к	0,48	1,59	0,49	0,78
	з	0,45	0,22	0,46	0,11
5	к	0,45	1,34	0,47	1,16
	з	0,44	0,87	0,43	0,98
10	к	0,45	1,25	0,47	0,48
	з	0,45	0,92	0,44	0,18

На підставі результатів хронопотенціометричних досліджень були розраховані ізобарно-ізотермічні потенціали (ΔG) для електрохімічних реакцій зразків сплаву $\text{Fe}_{80}\text{Si}_6\text{B}_{14}$, попередньо намагнічених у змінному магнітному полі, у водних розчинах за температури 291 К (табл. 4). Обчислені значення енергії Гіббса незначно відрізняються для усіх досліджуваних розчинів і у випадку всіх експозицій у ЗМП. Потенціал Гіббса демонструє імовірність проходження реакції, але не вказує на її швидкість, тому одержані значення, які показують малі шанси перебігу електрохімічних реакцій, насправді розраховані для процесів, які за наявності агресивного середовища відбуваються з великими швидкостями.

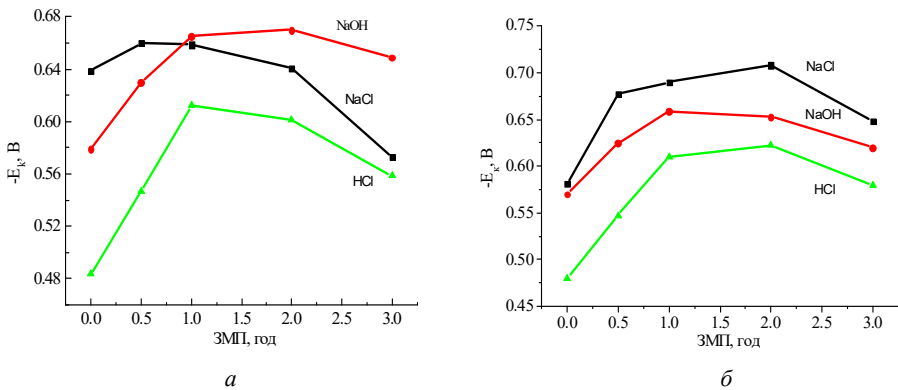


Рис. 5. Залежність значень потенціалу у 0,5 М водних розчинах NaCl, NaOH та HCl від тривалості знаходження АМС Fe₈₀Si₆B₁₄ у змінному магнітному полі.

Fig. 5. Dependence of potential values in 0.5 M aqueous solutions of NaCl, NaOH, and HCl on the duration of presence of AMA Fe₈₀Si₆B₁₄ in an alternating magnetic field.

Таблиця 4

Енергія Гіббса (ΔG , кДж/моль) електрохімічних реакцій АМС Fe₈₀Si₆B₁₄, попередньо витриманого у ЗМП, у 0,5 М водних розчинах (T = 291 K)

Table 4

Gibbs energy (ΔG , kJ/mol) of electrochemical reactions of AMA Fe₈₀Si₆B₁₄, previously kept in an alternating magnetic field, in 0.5 M aqueous solutions (T = 291 K)

Середовище	Поверхня	Тривалість дії ЗМП				
		–	0,5 год	1,0 год	2,0 год	3,0 год
0,5 М NaCl	к	-17,6	-17,2	-15,8	-17,6	-13,1
	з	-12,7	-17,6	-17,6	-17,7	-13,5
0,5 М HCl	к	-13,3	-13,1	-17,6	-16,6	-13,7
	з	-13,5	-12,7	-17,4	-17,2	-13,3
0,5 М NaOH	к	-15,0	-16,4	-17,4	-15,2	-17,4
	з	-15,2	-14,3	-17,6	-15,4	-17,4

Висновки

Методами хронопотенціометрії та циклічної вольтамперометрії вперше досліджено корозійну тривкість модифікованого змінним магнітним полем АМС Fe₈₀Si₆B₁₄ у 0,5 М водних розчинах NaCl, NaOH та HCl. Корозійна тривкість стрічки суттєво залежить від тривалості модифікації та природи агресивного середовища. Визначено пасивацію обох поверхонь сплаву в 0,5 М водному розчині NaCl при тригодинному витриманні у змінному магнітному полі. У 0,5 М водному розчині NaOH простежувалася тенденція до незначного зниження корозійної тривкості при усіх тривалостях модифікації, а для 0,5 М HCl таке зниження зафіксоване лише у випадку тривалішого (2,0 і 3,0 год) впливу. Найвищу корозійну тривкість витримані у змінному магнітному полі зразки Fe₈₀Si₆B₁₄ виявили у 0,5 М водному розчині HCl. Аморфний сплав Fe₈₀Si₆B₁₄ виявляє

виняткову стійкість до тривалої модифікації у змінному магнітному полі у разі подальшого перебування зразків у 0,5 М водних розчинах NaOH та HCl.

Подяка

Подані у цій статті результати досліджень отримано за фінансової підтримки Міністерства освіти і науки України (№ державної реєстрації держбюджетної теми: 0123U101830 «Нанокристалізація аморфних сплавів на основі кобальту: кінетика, властивості, застосування»).

This work was partly supported by the Simons Foundation (Award Number: 1290588).

ЛІТЕРАТУРА

1. *Davies H., Gibbs M.* Amorphous Alloys. Handbook of Magnetism and Advanced Materials. London: John Wiley&Sons, 2007. 1801 p. <https://doi.org/10.1002/9780470022184.hmm401>.
2. *Russev K., Stojanova L.* Properties and Applications of Amorphous Metallic Alloys. In: Glassy Metals. Springer, Berlin, Heidelberg, 2016. – 250 p. https://doi.org/10.1007/978-3-662-47882-0_13.
3. *Souza C.A.C., Ribeiro D.V., Kiminami C.S.* Corrosion resistance of Fe-Cr-based amorphous alloys: An overview. J. Non-Crystal. Solids. 2016. Vol. 442. P. 56–66. <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2016.04.009>.
4. *Xiang Li, Xu Zhao, Fang Lv, Fang Liu, Yuxin Wang.* Improved corrosion resistance of new Fe-based amorphous alloys. Intern. J. Modern Physics B. 2017. Vol. 31. P. 1744010. <https://doi.org/10.1142/S0217979217440106>.
5. *Hertsyk O.M., Kovbuz M.O., Pereverzeva T.H., Borysyuk A.K., Boichyshyn L.M.* Influence of heat treatment and variable magnetic fields on the chemical resistance of amorphous alloys based on iron. Mater. Sci. 2014. Vol. 50(3). P. 454–460. <https://doi.org/10.1007/s11003-014-9742-3>.
6. *Hertsyk O.M., Kovbuz M.O., Hula T.H., Korniy S.A., Yezerska O.A., Pandiak N.L.* Corrosion Resistance of Modified Amorphous Alloys Based on Iron in Sulfuric Acid. Mater. Sci. 2021. Vol. 56(6). P. 755–763. <https://doi.org/10.1007/s11003-021-00492-8>.
7. *Jiawei Li, Lijing Yang, Haoran Ma, Kemin Jiang, Chuntao Chang.* Improved corrosion resistance of novel Fe-based amorphous alloys. Materials&Design. 2016. Vol. 95(5). P. 225–230. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.01.100>.
8. *Nizameiev M., Hertsyk O., Boichyshyn L.* Physicochemical properties of amorphous and nanocrystalline alloys: Structure, physical-mechanical and corrosion properties of amorphous and nanocrystalline iron-based alloys. – LAP Lambert Academic Publishing, 2022. – 292 p.
9. *Koga G.Y., Travessa D., Zepon G., Coimbra D.D., Jorge A.M.* Corrosion resistance of pseudo-high entropy Fe-containing amorphous alloys in chloride-rich media. J. Alloys Comp. 2021. Vol. 884(5). P. 161090. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.161090>.
10. *Han Y., Kong F.L., Han F.F., Inoue A., Zhu S.L.* New Fe-based soft magnetic amorphous alloys with high saturation magnetization and good corrosion resistance for dust core application. Intermetallics. 2016. Vol. 76. P. 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.intermet.2016.05.011>.
11. *Guokun Huang, Lidan Qu, Yunzhuo Lu, Yongzhe Wang, Hongge Li, Zuoxiang Qin, Xing Lu.* Corrosion resistance improvement of 45 steel by Fe-based amorphous coating. Vacuum. 2018. Vol. 153. P. 39–42. <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2018.03.042>.

12. Hennayaka H.M., Lee H.S., Yi S. Surface oxidation of the Fe based amorphous ribbon annealed at temperatures below the glass transition temperature. *J. Alloys Compd.* 2015. Vol. 618. P. 269–279. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2014.08.160>.
13. Boychyshyn L. M., Hertsyk O. M. Amorphous metal alloys: processes at the boundary of phase separation. – Lviv: Scientific and Publishing Center of the Shevchenko Scientific Society, 2022. – 152 p. (in Ukrainian).
14. Nykyruy Y., Kulyk Y., Mudry S., Prunitsa V., Borysiuk A. Structure and physical properties changes of Fe-based amorphous alloy induced by Joule-heating. *Appl. Nanosc.* 2023. P. 1–12. <https://doi.org/10.1007/s13204-023-02871-w>.
15. Smolyakov O.V., Girzhon V.V., Mudry S.I., Nykyruy Y.S. Explosive crystallisation of metal glasses based on Fe–B during pulsed laser heating. Experiment and modelling. *Arch. Mater. Sci. Engin.* 2023. Vol. 119(2). P. 49–55. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0053.4740>.

SUMMARY

**Oksana HERTSYK¹, Victor NOSENKO², Myroslava KOVBUZ¹,
Natalia PANDIAK³, Myroslava TASHAK⁴**

ELECTROCHEMICAL PARAMETERS OF A MODIFIED AMORPHOUS ALLOY IN AQUEOUS SOLUTIONS OF DIFFERENT NATURES

¹Ivan Franko Lviv National University,
Kyryla and Mefodiya Str., 6, 79005 Lviv, Ukraine
e-mail: oksana.hertsyk@lnu.edu.ua

²G. V. Kurdyumov Institute for Metal Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Akademika Vernads'koho Blvd., 36, 03142, Kyiv, Ukraine

³Ukrainian National Forestry University,
Gen. Chuprynka Str. 103, 79057 Lviv, Ukraine

⁴Lviv Polytechnic National University,
St. George's Square, 5, 79013 Lviv, Ukraine

Amorphous metal alloys (AMA) have high corrosion resistance, which can be significantly higher than that of stainless steels. Since ferromagnetic amorphous Fe-based alloys are widely used as soft magnetic materials, their operation is associated with the use of external magnetic fields. Such external influences can change, in particular, the corrosion resistance of amorphous materials.

In addition to permanent, amorphous materials can be under the influence of variable magnetic fields. Preliminary exposure in magnetic fields, in particular, alternating ones, can be used to modify AMA.

In this regard, electrochemical studies of AMA Fe₈₀Si₆B₁₄ in various aggressive environments are appropriate. The search for optimal modes of modification to achieve the given physicochemical properties of the samples makes it possible to change their corrosion resistance.

The features of the corrosion resistance of the ribbon amorphous alloy Fe₈₀Si₆B₁₄, obtained by the method of ultra-fast cooling of the melt, were studied, for which the contact and external surfaces, which have different elemental composition and properties, are distinguished.

Electrochemical studies of AMA electrodes in 0.5 M aqueous solutions of NaCl, HCl and NaOH were carried out by the method of chronopotentiometry and cyclic voltammetry using the Jaisle Potentiostat-Halvanostat IPM 88 PC-R potentiostat.

The modification of samples of Fe₈₀Si₆B₁₄ strip amorphous alloy was carried out by keeping them in an alternating magnetic field (frequency 50 Hz) for 0.5–3.0 hours.

The corrosion resistance of the Fe₈₀Si₆B₁₄ strip amorphous alloy modified by an alternating magnetic field in 0.5 M aqueous solutions of NaCl, NaOH and HCl was investigated by various electrochemical methods. It is shown that the corrosion resistance of the tape significantly depends on the duration of the modification and the nature of the aggressive environment. Higher corrosion resistance of Fe₈₀Si₆B₁₄ samples modified by a variable magnetic field in 0.5 M aqueous HCl solution was established. The ribbon amorphous Fe₈₀Si₆B₁₄ alloy

shows exceptional durability to long-term modification in an alternating magnetic field with the subsequent stay of the samples in 0.5 M aqueous solutions of NaOH and HCl.

Keywords: amorphous metal alloys, electrochemical parameters, modification, variable magnetic field.

Стаття надійшла: 08.08.2024.
Після доопрацювання: 05.09.2024.
Прийнята до друку: 04.10.2024.