

УДК 54-161+ 544.653.22

## ВПЛИВ ЗМІННОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА КОРОЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ АМОРФНИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ Fe В 0,5 М ВОДНИХ РОЗЧИНАХ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

О. Герцик<sup>1\*</sup>, Т. Гула<sup>1</sup>, М. Ковбуз<sup>1</sup>, Н. Сеньків<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. Кирила і Мефодія, 6, 79005 Львів, Україна;

<sup>2</sup>Львівський медичний інститут,  
вул. В. Поліщука, 76, 79018 Львів, Україна  
e-mail: djunjer1@gmail.com

Методами хронопотенціометрії та циклічної вольтамперометрії оцінено корозійну тривкість стрічкових аморфних сплавів Fe<sub>78,5</sub>Ni<sub>11,0</sub>Mo<sub>0,5</sub>Si<sub>6,0</sub>B<sub>14,0</sub> та Fe<sub>73,1</sub>Cu<sub>1,0</sub>Nb<sub>3,0</sub>Si<sub>15,5</sub>B<sub>7,4</sub> у водному розчині 0,5 М сульфатної кислоти. Сплав, легований Cu та Nb, виявився корозійно тривкішим в агресивному середовищі сульфатної кислоти. Модифікація поверхні досліджуваних аморфних зразків змінним магнітним полем зумовлює підвищення їхньої корозійної тривкості у кислому середовищі.

*Ключові слова:* аморфні металеві сплави, корозійна тривкість, сульфатна кислота, змінне магнітне поле.

DOI: <https://doi.org/10.30970/vch.6002.434>

### 1. Вступ

Як магнітом'які феромагнетики, аморфні металеві сплави (АМС) на основі заліза мають високу магнітну проникність поряд з низькими енергетичними втратами. Їх широко застосовують у мікро- і радіоелектроніці. З огляду на високу антикорозійну тривкість стрічкових аморфних матеріалів [1–3], можна прогнозувати збереження цієї цінної особливості і в об'ємних зразках, використання яких у сучасних технологіях є перспективним, зокрема у хімічній промисловості (каталізатори).

Корозія звичайних кристалічних металевих матеріалів починається на тих ділянках зовнішньої поверхні, де з'являється хімічна неоднорідність. Аморфні металеві сплави, навпаки, повинні бути дуже тривкими проти корозії через хімічну однорідність. Аморфні сплави на основі Fe, Co та Ni, які містять, наприклад, Cr і P, володіють дуже високою корозійною тривкістю у різних агресивних середовищах. Вони, практично, не піддаються пітинговій корозії навіть за анодної поляризації в розчинах натрій хлориду [4, 5]. При чому АМС належать до сплавів, які можуть самочинно пасивуватися як в атмосферних умовах, так і в агресивних середовищах.

## 2. Матеріали та методика експерименту

Стрічку аморфного сплаву  $\text{Fe}_{78,5}\text{Ni}_{1,0}\text{Mo}_{0,5}\text{Si}_{6,0}\text{B}_{14,0}$  та  $\text{Fe}_{73,1}\text{Cu}_{1,0}\text{Nb}_{3,0}\text{Si}_{15,5}\text{B}_{7,4}$  одержано методом швидкого гартування ( $10^6$  К/с) розплаву на охолоджувальному обертовому мідному барабані, і тому для неї розрізняли контактну ( $\kappa$ ) та зовнішню ( $\varepsilon$ ) поверхні, які відрізняються рівнем структурованості [6]. Зразки сплаву синтезовано групою науковців під керівництвом завідувача відділом кристалізації В. К. Носенка Інституту металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України [7]. З метою модифікації зразки АМС витримували у змінному магнітному полі (ЗМП) (430 мТл, 50 Гц), яке створювали у спеціально сконструйованому пристрої. Тривалість експозиції зразків у ЗМП – 0,5 та 1,0 год.

Самочинну корозію АМС-електродів у середовищах 0,5 М водних розчинів  $\text{H}_2\text{SO}_4$  досліджували хронопотенціометрично. Значення потенціалу робочого електрода визначали порівняно зі срібнохлоридним  $\text{Cl}^-|\text{AgCl}|\text{Ag}(\text{тв})$  електродом. Робочий електрод площею  $0,25 \text{ cm}^2$  – стрічка АМС товщиною 25 мкм (зовнішня і контактна поверхні). Тривалість вимірювання – 20 хв [8].

Для електрохімічних досліджень методом циклічної вольтамперометрії використовували Jaissle Potentiostat/Galvanostat IMP 88PC-R, що дало можливість оцінити корозійні особливості поверхневих процесів в умовах циклічного сканування (швидкість 10, 20 та 50 мВ/с) потенціалу поверхні, а також тривкість поверхні у повторних багаторазових процесах сканування поверхні. Використовували триелектродну схему, в якій, крім робочого та електрода порівняння, є допоміжний електрод площею  $1,5 \text{ cm}^2$  – платинова пластина. Потенціал ( $E_{\text{кор}}$ ) та струм ( $i_{\text{кор}}$ ) корозії визначали експериментально з поляризаційних кривих для кожного циклу [9].

## 3. Результати досліджень та їх обговорення

За результатами хронопотенціометричних досліджень (рис. 1), попередньо витриманих 30 та 60 хв у ЗМП зразків АМС  $\text{Fe}_{78,5}\text{Ni}_{1,0}\text{Mo}_{0,5}\text{Si}_{6,0}\text{B}_{14,0}$  у 0,5 М водному розчині  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , показано, що потенціали обох поверхонь є близькими і, практично, не залежать від тривалості впливу ЗМП, тобто сплав можна експлуатувати в таких умовах. Під час контакту з розчином сульфатної кислоти простежується зміщення вільного потенціалу поверхонь АМС в анодний бік ( $\sim 0,05 \div 0,1$  В), тобто їхня корозійна тривкість підвищується.

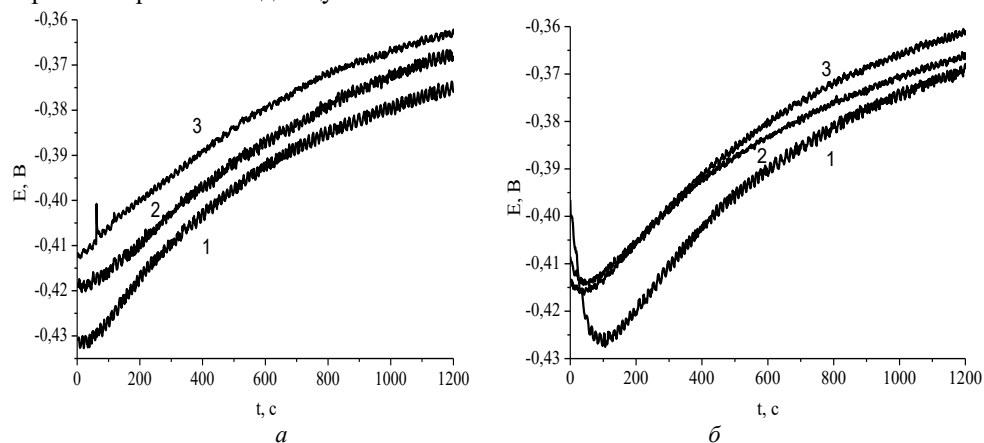


Рис. 1. Визначення в 0,5 М розчині  $\text{H}_2\text{SO}_4$  потенціалу вихідних (1) зразків АМС  $\text{Fe}_{78,5}\text{Ni}_{1,0}\text{Mo}_{0,5}\text{Si}_{6,0}\text{B}_{14,0}$  та витриманих у ЗМП протягом 30 (2) та 60 хв (3) контактної (а) та зовнішньої (б) поверхонь  
Fig. 1. Time change in 0,5 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  aqueous solution of the potential of contact (a) and external (b) surfaces of initial (1)  $\text{Fe}_{78,5}\text{Ni}_{1,0}\text{Mo}_{0,5}\text{Si}_{6,0}\text{B}_{14,0}$  and modified in alternating magnetic field during 30 (2) and 60 min (3)

Більш прецизійні дослідження корозійної тривкості модифікованих ЗМП зразків АМС проведено також методом циклічної вольтамперометрії за двох швидкостей сканування потенціалу (10 та 50 мВ/с) (табл. 1), що уможливило оцінку ще й такого навантаження, як зовнішня поляризація електрода на корозійну тривкість сплаву. Зі збільшенням швидкості розгортки потенціалу, як і з збільшенням тривалості попереднього витримання у ЗМП, значення потенціалів корозії зсуваються в анодний бік, тобто сплав пасивується.

Таблиця 1

Електрохімічні параметри корозії в 0,5 М розчині  $H_2SO_4$  стрічки аморфного сплаву  $Fe_{78,5}Ni_{1,0}Mo_{0,5}Si_{16,0}B_{14,0}$ , попередньо витриманої 30 хв у змінному магнітному полі

Table 1

Electrochemical corrosion parameters in 0,5 M  $H_2SO_4$  aqueous solution of  $Fe_{78,5}Ni_{1,0}Mo_{0,5}Si_{16,0}B_{14,0}$  amorphous tape modified 30 min in alternating magnetic field

Цикл	Швидкість сканування потенціалу, мВ/с							
	10				50			
	Контактна		Зовнішня		Контактна		Зовнішня	
	$-E_{кор}$ , В	$i_{кор} \cdot 10^5$ , А/см <sup>2</sup>	$-E_{кор}$ , В	$i_{кор} \cdot 10^5$ , А/см <sup>2</sup>	$-E_{кор}$ , В	$i_{кор} \cdot 10^5$ , А/см <sup>2</sup>	$-E_{кор}$ , В	$i_{кор} \cdot 10^5$ , А/см <sup>2</sup>
1	0,45	0,54	0,58	1,19	0,43	6,47	0,42	3,59
2	0,41	2,38	0,42	1,57	0,40	5,87	0,39	5,15
3	0,42	5,94	0,41	2,28	0,39	10,78	0,38	0,38
4	0,41	1,45	0,41	1,55	0,37	5,73	0,36	0,53
5	0,40	1,52	0,41	3,16	0,37	6,85	0,37	1,46
6	0,40	5,67	0,47	1,04	0,37	3,37	0,37	7,57
7	0,41	7,49	0,40	1,37	0,36	5,14	0,36	6,71
8	0,40	5,41	0,39	4,05	0,36	3,51	0,36	13,31
9	0,40	3,65	0,39	2,64	0,36	12,55	0,35	8,33
10	0,39	2,65	0,40	1,93	0,35	14,97	0,35	6,63

Попереднє витримання у ЗМП інтенсифікує дифузію магнітосприйнятливих елементів, зокрема заліза, до поверхні та утворення захисних шарів. Під час контакту з агресивним середовищем, очевидно, додатково на поверхні АМС формуються нерозчинні сполуки, що зумовлюють підвищення його корозійної тривкості [10, 11].

Усі фізико-хімічні властивості аморфних сплавів і, зокрема, їхня корозійна тривкість, залежать від елементного складу. Аналогічні дослідження проведено зі зразками складу  $Fe_{73,1}Cu_{1,0}Nb_{3,0}Si_{15,5}B_{7,4}$  (рис. 2), вони виявились корозійно тривкішими в агресивному середовищі сульфатної кислоти. Додаткова модифікація ЗМП також зумовлює підвищення їхньої корозійної тривкості, що відображається зсувом потенціалів до більш додатних значень ( $\sim 0,01 \div 0,04$  В).

Поверхневі процеси окиснення за наявності у сплаві Fe–Si–В купруму та ніобію відбуваються двостадійно (рис. 2). Крім окиснення Cu до  $Cu_2O$  і сульфатів, Nb адсорбує  $O_2$ , утворюючи тверді розчини  $Nb_6O$ ,  $Nb_2O$ . Оксиди вищих ступенів окиснення ( $Nb_2O_5$ ) є ковалентними сполуками з низькою електронною провідністю і створюють пасивуючий поверхневий шар [12].

Оцінка корозійної тривкості сплаву методом циклічної вольтамперометрії показала, що під час контакту з агресивним середовищем для модифікованих зразків як потенціал, так і струм корозії практично не змінюються (табл. 2, рис. 3). Струм у 5–10 разів нижчий, ніж у випадку сплаву з додатками нікелю та молібдену. Збільшення швидкості сканування потенціалу від 10 до 50 мВ/с знижує корозійну

тривкість, потенціал зсувається у катодний бік, а струми корозії зростають. Загалом корозійна тривкість цього сплаву залежить не так від тривалості модифікації у ЗМП, як від швидкості циклічного сканування потенціалу. Очевидно, швидкість формування захисних шарів є дещо нижчою за швидкість накладання зовнішнього потенціалу на електролізер.

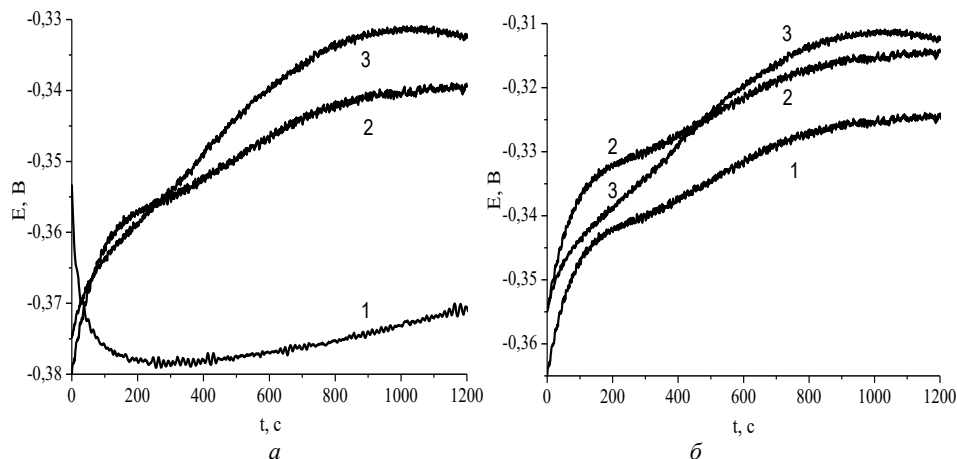


Рис. 2. Визначення в 0,5 М розчині  $H_2SO_4$  потенціалу вихідних (1) зразків АМС  $Fe_{73.1}Cu_{1.0}Nb_{3.0}Si_{15.5}B_{7.4}$  та витриманих у ЗМП протягом 30 (2) та 60 хв (3) контактної (а) та зовнішньої (б) поверхонь

Fig. 2. Time change in 0,5 M aqueous solution of  $H_2SO_4$  of the potential of contact (a) and external (b) surfaces of initial (1)  $Fe_{73.1}Cu_{1.0}Nb_{3.0}Si_{15.5}B_{7.4}$  and modified in alternating magnetic field during 30 (2) and 60 min (3)

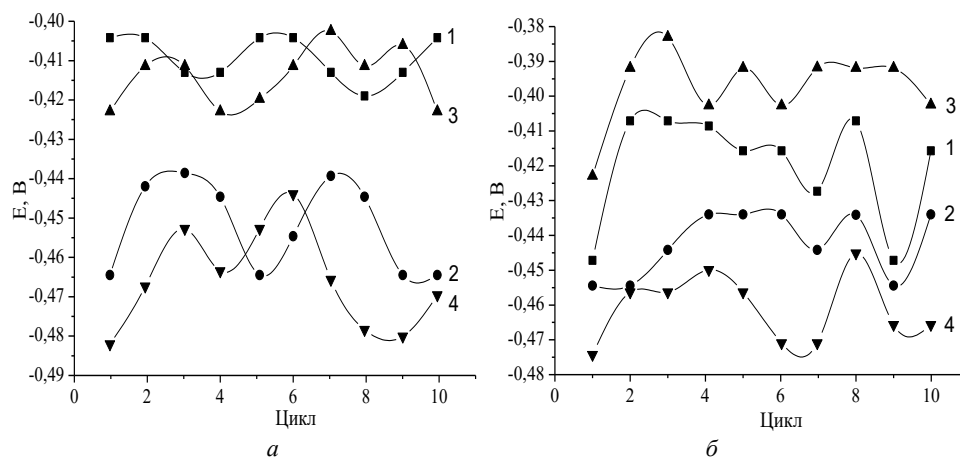


Рис. 3. Зміна потенціалів корозії в 0,5 М розчині  $H_2SO_4$  контактної (а) та зовнішньої (б) поверхонь зразків АМС  $Fe_{73.1}Cu_{1.0}Nb_{3.0}Si_{15.5}B_{7.4}$ , модифікованих протягом 30 (1, 2) та 60 хв (3, 4) у ЗМП за різних швидкостей сканування потенціалу: 1, 3 – 10 мВ/с; 2, 4 – 50 мВ/с

Fig. 3. Change in 0,5 M  $H_2SO_4$  aqueous solution corrosion potential of contact (a) and external (b) sides of the amorphous  $Fe_{73.1}Cu_{1.0}Nb_{3.0}Si_{15.5}B_{7.4}$  tape modified in alternating magnetic field during 30 (1, 2) and 60 min (3, 4) at different rates of scanning potential: 1, 3 – 10 mV/c; 2, 4 – 50 mV/c

Таблиця 2

Електрохімічні параметри корозії в 0,5 М розчині  $H_2SO_4$  стрічки аморфного сплаву  $Fe_{73,1}Cu_{1,0}Nb_{3,0}Si_{15,5}B_{7,4}$ , попередньо витриманої 30 хв у змінному магнітному полі

Table 2

Electrochemical corrosion parameters in 0.5 M  $H_2SO_4$  aqueous solution of  $Fe_{73,1}Cu_{1,0}Nb_{3,0}Si_{15,5}B_{7,4}$  amorphous tape modified 30 min in alternating magnetic field

Цикл	Швидкість сканування потенціалу, мВ/с							
	10				50			
	Контактна		Зовнішня		Контактна		Зовнішня	
	$-E_{кор}$ , В	$i_{кор} \cdot 10^5$ , А/см <sup>2</sup>	$-E_{кор}$ , В	$i_{кор} \cdot 10^5$ , А/см <sup>2</sup>	$-E_{кор}$ , В	$i_{кор} \cdot 10^5$ , А/см <sup>2</sup>	$-E_{кор}$ , В	$i_{кор} \cdot 10^5$ , А/см <sup>2</sup>
1	0,40	0,10	0,44	0,33	0,46	4,49	0,45	1,50
2	0,40	0,06	0,40	0,62	0,42	1,33	0,45	2,77
3	0,41	0,06	0,40	0,44	0,44	1,05	0,44	0,89
4	0,41	0,06	0,39	0,18	0,44	2,07	0,43	0,86
5	0,40	0,28	0,41	0,33	0,46	1,36	0,43	0,90
6	0,40	0,52	0,41	0,37	0,45	1,24	0,43	0,32
7	0,41	0,66	0,42	0,37	0,45	1,19	0,44	0,35
8	0,42	1,18	0,40	0,50	0,44	0,20	0,43	1,13
9	0,41	0,23	0,44	0,27	0,46	0,65	0,45	1,56
10	0,40	0,10	0,41	0,58	0,46	0,23	0,43	1,13

За допомогою електронного рентгенівського мікроаналізу визначено елементний склад АМС до та після намагнічування (табл. 3). Наведені результати є усередненими з п'яти вимірів у різних точках поверхні. Відхилення окремих вимірів уможливають усереднення з похибкою  $g = \pm 0,04$ .

У випадку АМС  $Fe_{78,5}Ni_{1,0}Mo_{0,5}B_{6,0}Si_{14,0}$  і  $Fe_{73,1}Cu_{1,0}Nb_{3,0}Si_{15,5}B_{7,4}$  ЗМП сприяє значному виходу на поверхню феруму та бору, тобто утворюється сполука  $Fe_3B$ . У поверхневих шарах сплаву  $Fe_{73,1}Cu_{1,0}Nb_{3,0}Si_{15,5}B_{7,4}$ , підданого намагніченню, простежується підвищення ат. % Cu, та Nb, які утворюють щільні оксидні поверхневі захисні шари [12].

У випадку сплаву  $Fe_{73,1}Cu_{1,0}Nb_{3,0}Si_{15,5}B_{7,4}$  як модифікація ЗМП, так і швидкість сканування зовнішнього потенціалу більше впливають на зовнішню поверхню стрічки АМС.

Таблиця 3

Елементний склад вихідних аморфних сплавів до та після їх магнітної модифікації

Table 3

Elemental composition of the initial amorphous alloys before and after their magnetic modification

Елементи	Fe	Ni	Mo	Si	B	Fe	Cu	Nb	Si	B
Вихідні зразки	78,50	1,00	0,50	14,0	6,00	73,10	1,00	3,00	15,5	7,40
60 хв ЗМП	81,42	0,63	1,07	5,18	11,70	74,63	1,20	3,10	10,1	11,00

#### 4. Висновки

Слабке ЗМП суттєво впливає не тільки на дифузію, а й на формування фаз у металевих сплавах [13]. Отже, ЗМП сильно впливає на дифузійні процеси у твердих металевих матеріалах, зумовлює в них гомогенізацію фаз, зміну компонентного складу доменів. Ці характеристики безпосередньо пов'язані з хемічною активністю поверхні металевих матеріалів; тому як основний інструментальний спосіб тестування впливу ЗМП можна використовувати електрохімічні методики: хронопотенціометрію та вольтамперометрію.

1. *Botta W. J., Berger J. E., Kiminami C. S., Roche V., Nogueira R. P., Bolfarini C.* Corrosion resistance of Fe-based amorphous alloys // *J. Alloy. Compd.* 2014. Vol. 586. P. S105-S110. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2012.12.130>
2. *Koga G. Y., Nogueira R. P., Roche V., Yavari A. R., Melle A. K., Gallego J., Bolfarini C., Kiminami C. S., Botta W. J.* Corrosion properties of Fe–Cr–Nb–B amorphous alloys and coatings // *Surf. Coat. Tech.* 2014. Vol. 254. P. 238–243. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2014.06.022>
3. *Chalko L., Kosmynina M.* Influence of alloying additions on the corrosion resistance of steel castings // *Problems of corrosion and corrosion protection of materials.* 2002. Spec. Iss. 3. P. 195–199.
4. *Huang Y., Guo Y., Fan H., Shen J.* Synthesis of Fe–Cr–Mo–C–B amorphous coating with high corrosion resistance // *Mat. Lett.* 2012. Vol. 89. P. 229–232. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2012.08.114>
5. *Kiminami C. S., Souza C. A. C., Bonavina L. F., de Andrade Lima L. R. P., Suriñach S., Baró M. D., Bolfarini C., Botta W. J.* Partial crystallization and corrosion resistance of amorphous Fe–Cr–M–B (M = Mo, Nb) alloys // *J. Non-Cryst. Sol.* 2010. Vol. 356. Iss. 44-49. P. 2651–2657. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2010.04.051>
6. *Dominguez-Crespo M. A., Torre-Huerta A. M., Brachetti-Sibaja B., Flores-Vela A.* Electrochemical performance of Ni-RE (RE = rare earth) as electrode material for hydrogen evolution reaction in alkaline medium // *Int. J. Hydrogen Energ.* 2011. Vol. 36. Iss. 1. P. 135–151. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.09.064>
7. *Bednarska L. M., Hertsyk O. M., Kovbuz M. O.* Electrochemical behaviour of Fe-Me-Si-B structurized amorphous electrodes in aqueous solutions of sodium chloride // *Mat. Sci.* 2005. Vol. 41. Iss. 5. P. 653–659. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11003-006-0027-3>
8. *Hertsyk O. M., Kovbuz M. O., Ezers'ka O. A., Pereverzeva T. H.* Modification of the surface of soft magnetic amorphous alloys by oligomers for the formation of durable corrosion-resistant coatings // *Mat. Sci.* 2011. Vol. 47. Iss. 3. P. 401–407. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11003-011-9409-2>
9. *Hertsyk O., Pereverzeva T., Danyliak M.-O., Pandiak N.* Voltamperometry of the amorphous metallic alloy Fe<sub>78,5</sub>Ni<sub>1,0</sub>Mo<sub>0,5</sub>Si<sub>6,0</sub>B<sub>14,0</sub> in aggressive environment at different rates of cyclic scanning of the potential // *Visnyk Lviv Univ. Ser. Chem.* 2015. Iss. 56, Pt. 2. P. 414–420 (in Ukrainian).
10. *Makletsov V. G.* Electrochemical properties of Fe-based nanostructures in acid corrosion // *Bull. of Udmurt University. Series Physics. Chemistry.* 2011. Vol. 2. P. 30–42 (in Russian).
11. *Makletsov V. G., Zabil'skii V. V., Nikonova R. M., Busygin A. V.* Electrochemical behavior of steel ShKh15 in acid sulfate solutions as a function of the quenching temperature // *Rus. J. Electrochem.* 2001. Vol. 37. Iss. 3. P. 378–381. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1009050019267>

12. Makletsov V. G., Kanunnikova O. M. The effect of natural ageing of quickly quenched amorphous  $\text{Fe}_{75}\text{Si}_{12}\text{B}_{10}\text{Nb}_1\text{Cu}_2$  alloys on their corrosion behavior sin acidic sulfate environment // Prot. Met. Phys. Chem. 2009. Vol. 45, No. 3. P. 353–358.  
DOI: <https://doi.org/10.1134/S2070205109030125>
13. Hertsyk O. M., Pereverzeva T. G., Kovbuz M. O., Boichyshyn L. M., Nosenko V. K., Rudenko O. Yu. The effect of alternating magnetic field on formation surface protective layers on Fe-Si-B-electrode in aggressive aqueous solutions // Metallofiz. Noveishie Tekhnol. 2016. Vol. 38, Iss. 7. P. 889–902. DOI: <https://doi.org/10.15407/mfint.38.07.0889>

### INFLUENCE OF THE VARIABLE MAGNETIC FIELD ON THE CORROSIVE PROPERTIES OF AMORPHIC ALLOYS BASED ON Fe IN 0.5 M WATER SOLUTIONS $\text{H}_2\text{SO}_4$

O. Hertsyk<sup>1</sup>, T. Hula<sup>1</sup>, M. Kovbuz<sup>1</sup>, N. Sen'kiv<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ivan Franko National University of Lviv,  
Kyryla i Mefodiya Str., 6, 79005 Lviv, Ukraine  
e-mail: [djunjer1@gmail.com](mailto:djunjer1@gmail.com);

<sup>2</sup>Lviv medical institute,  
V. Polishchuka Str., 76, 79018 Lviv, Ukrain

By chronopotentiometry and cyclic voltammetry methods it was investigated the corrosion resistance of the tape amorphous alloys  $\text{Fe}_{78.5}\text{Ni}_{1.0}\text{Mo}_{0.5}\text{B}_{6.0}\text{Si}_{14.0}$  and  $\text{Fe}_{73.1}\text{Cu}_{1.0}\text{Nb}_{3.0}\text{Si}_{15.5}\text{B}_{7.4}$  in an aqueous solution of 0,5 M sulfuric acid. The samples alloyed with Cu and Nb showed more corrosion resistance in the aggressive medium of sulfuric acid. Modification of surface of the investigated amorphous samples by an alternating magnetic field leads to an increasing in their corrosion resistance in acidic medium.

Surface oxidations in the presence of cuprous and niobium in Fe–Si–B alloy are two-stage processes. In addition of oxidizing Cu in  $\text{Cu}_2\text{O}$  and sulfates, Nb adsorbs  $\text{O}_2$  to form solid solutions of  $\text{Nb}_6\text{O}$ ,  $\text{Nb}_2\text{O}$ . Oxides with higher oxidation levels ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ) are covalent compounds with low electron conductivity and they can create a passivating superficial layer.

In case of amorphous metallic alloys  $\text{Fe}_{78.5}\text{Ni}_{1.0}\text{Mo}_{0.5}\text{B}_{6.0}\text{Si}_{14.0}$  and  $\text{Fe}_{73.1}\text{Cu}_{1.0}\text{Nb}_{3.0}\text{Si}_{15.5}\text{B}_{7.4}$ , alternating magnetic field contributes to a significant exit on surface such elements as ferrum and boron (they form the  $\text{Fe}_3\text{B}$  compound). In the surface layers of the  $\text{Fe}_{73.1}\text{Cu}_{1.0}\text{Nb}_{3.0}\text{Si}_{15.5}\text{B}_{7.4}$  alloy modified by magnetization, an increase in at. % of Cu, and Nb is observed. Such elements form dense oxide surface protective layers.

Weak alternating magnetic field significantly affects not only diffusion, but also the formation of phases in metallic alloys. Thus, alternating magnetic field has a strong influence on the diffusion processes in solid metallic materials, which causes them to homogenize the phases, change the component composition of the domains. These characteristics are directly related to the chemical activity of the surface of metallic materials; therefore, as main instrumental method for testing the effects of alternating magnetic field can be used electrochemical techniques: chronopotentiometry and voltammetry.

*Keywords:* amorphous metallic alloys, corrosion resistance, sulfuric acid, alternating magnetic field.

Стаття надійшла до редколегії 30.10.2018  
Прийнята до друку 23.01.2019