

ТЕРМІЧНА МОДИФІКАЦІЯ АМОРФНИХ СПЛАВІВ

Герцик О.М.¹, Гула Т.Г.¹, Ковбуз М.О.¹, Пандяк Н.Л.²

¹Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Кирила і Мефодія, 6, Львів, Україна, o_hertsyk@yahoo.com

²Національний лісотехнічний університет України,
вул. Генерала Чупринки, 103, Львів, Україна

Аморфні металеві сплави (АМС) знаходять своє застосування як прецизійні матеріали спеціального призначення завдяки своїм особливим фізико-хімічним властивостям [1-3]. Однак властивості АМС можна змінювати шляхом модифікації. Одним із доступних способів модифікації поверхні металевих сплавів є їх термообробка. Тому доцільно було оцінити цей спосіб модифікації стосовно контактної та зовнішньої поверхонь стрічкових АМС $\text{Fe}_{78,5}\text{Ni}_{1,0}\text{Mo}_{0,5}\text{Si}_{6,0}\text{B}_{14,0}$ та $\text{Fe}_{73,1}\text{Cu}_{1,0}\text{Nb}_{3,0}\text{Si}_{15,5}\text{B}_{7,4}$ товщиною 20 мкм, отриманих методом надшвидкого охолодження розплаву у атмосфері гелію в Інституті металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України.

Одногодинна термічна обробка зразків аморфних сплавів проводилась в муфельній печі типу СНОП-16.2.5./9-Н5 при температурах 373 та 473 К. Хронопотенціометричні дослідження АМС здійснювали з використанням приладу Jaissle Potentiostat-Galvanostat IMP 88PC-R за двохелектродною схемою: електрод порівняння - насичений хлоридсрібний, робочий електрод - зразок АМС (1 см²). Для електрохімічної імпедансної спектроскопії (ЕІС) використовували прилад Gamry Potentiostat Reference 600 з подальшою обробкою відповідною комп'ютерною програмою Gamry Echem Analyst. Розрахунок складових імпедансу проводили згідно схеми, складеної з двох резисторів та конденсатора ($R_1(Q_{dl} R_2)$), де R_1 – опір електроліту, R_2 – опір переносу заряду та Q_{dl} – елемент сталої фази, що характеризує ємність подвійного електричного шару [4]. Вплив попередньої термообробки при температурах 373 К та 473 К на електрохімічні параметри сплавів у 0,5 М водному розчині NaCl є неоднозначним (рис. 1, табл. 1).

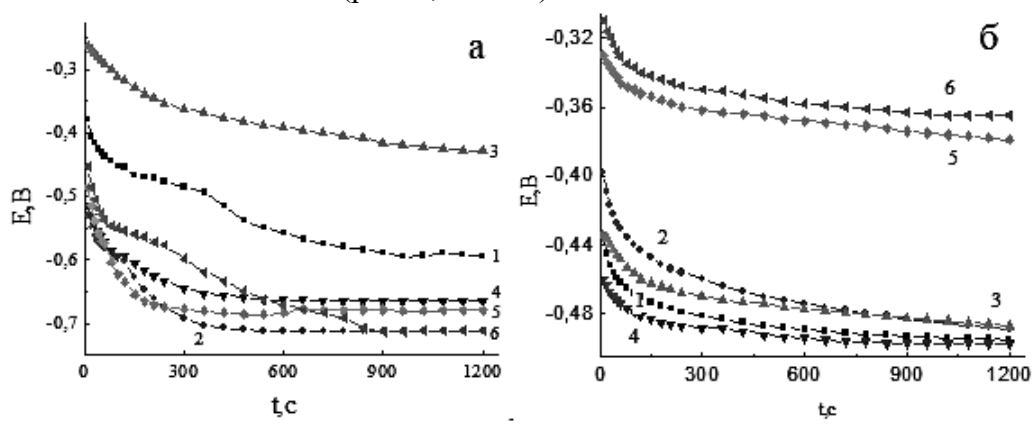


Рис. 1. Кінетика встановлення потенціалу контактної (1,3,5) та зовнішньої (2,4,6) поверхонь АМС $\text{Fe}_{78,5}\text{Ni}_{1,0}\text{Mo}_{0,5}\text{Si}_{6,0}\text{B}_{14,0}$ (а) та $\text{Fe}_{73,1}\text{Cu}_{1,0}\text{Nb}_{3,0}\text{Si}_{15,5}\text{B}_{7,4}$ (б) до (1,2) та після 1-о годинної термообробки при 373 К (3,4) і при 473 К (5,6) у 0,5 М водному розчині NaCl.

Для АМС $Fe_{78,5}Ni_{1,0}Mo_{0,5}Si_{6,0}B_{14,0}$ відпал в такому температурному інтервалі приводить до незначного зсуву кінцевих значень потенціалу в катодний бік. Очевидно, при термообробці підвищується кристалічність сплаву та частково руйнується захисна поверхнева плівка, що знижує його корозійну тривкість і приводить до окрихчення. У випадку АМС $Fe_{73,1}Cu_{1,0}Nb_{3,0}Si_{15,5}B_{7,4}$ підвищення температури попередньої обробки зумовлює зсув кінцевих значень потенціалу в анодний бік, тобто підвищується корозійна тривкість як зовнішньої, так і контактної поверхонь (табл. 1).

Таблиця 1

Результати потенціометричне дослідження АМС після попередньої одноденної термообробки у 0,5 М водному розчині NaCl

АМС	Температура обробки, К	Поверхня	$-E_o$, В	$-E_k$, В	$ \Delta E $, В	$v \cdot 10^3$, В/с
$Fe_{78,5}Ni_{1,0}Mo_{0,5}B_{6,0}Si_{14,0}$	293	к	0,37	0,60	0,23	1,6
		з	0,57	0,71	0,14	1,3
	373	к	0,26	0,43	0,17	0,9
		з	0,51	0,67	0,16	1,2
	473	к	0,51	0,68	0,17	1,2
		з	0,45	0,71	0,26	1,4
$Fe_{73,1}Cu_1Nb_3Si_{15,5}B_{7,4}$	293	к	0,43	0,50	0,07	0,5
		з	0,39	0,49	0,10	0,6
	373	к	0,40	0,49	0,09	0,4
		з	0,41	0,49	0,08	0,7
	473	к	0,23	0,38	0,15	0,7
		з	0,20	0,37	0,17	0,7

Електрохімічна імпедансна спектроскопія дозволяє оцінити не тільки рівень загальної корозії, але окремо і вклад дефектних ділянок, а також процесів на бездефектних ділянках, як результат щільних оксидних покривів. ЕІС, практично, дозволяє вимірювати опір, який створюють оксидні покриви транспортні молекул води, кисню та іонам до поверхні металу (рис. 2, табл. 2).

Таблиця 2

ЕІС параметри АМС $Fe_{78,5}Ni_{1,0}Mo_{0,5}Si_{6,0}B_{14,0}$ після попередньої одноденної термообробки у 0,5 М водному розчині NaCl

Температура обробки, К	Поверхня	R_1 , Ом	E , В	R_2 , Ом	$Q_{dl} \cdot 10^4$, Ф·см ⁻²	α	R_f
293	к	44,47	-0,68	834	1,68	0,80	0,84
	з	41,08	-0,68	1873	1,32	0,82	0,66
373	к	43,24	-0,68	610	6,74	0,64	3,37
	з	43,92	-0,66	440	3,83	0,69	1,92
473	к	50,88	-0,66	1767	1,52	0,75	0,76
	з	49,66	-0,67	2251	1,24	0,77	0,62

Результати оцінки зміни корозійної тривкості сплавів, одержані методом хронопотенціометрії, корелюють з результатами, одержаними методом ЕІС для 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 NaCl . Одногодина термообробка за температури 373 К зумовлює зниження тривкості зразка, що відображається зниженням опору (R_2) поверхневого шару та збільшенням шерхавості поверхні (R_f). Тоді як попередня термообробка поверхні АМС за температури 473 К сприяє формуванню щільних поверхневих шарів з високим значенням опору та невеликою шерхавістю.

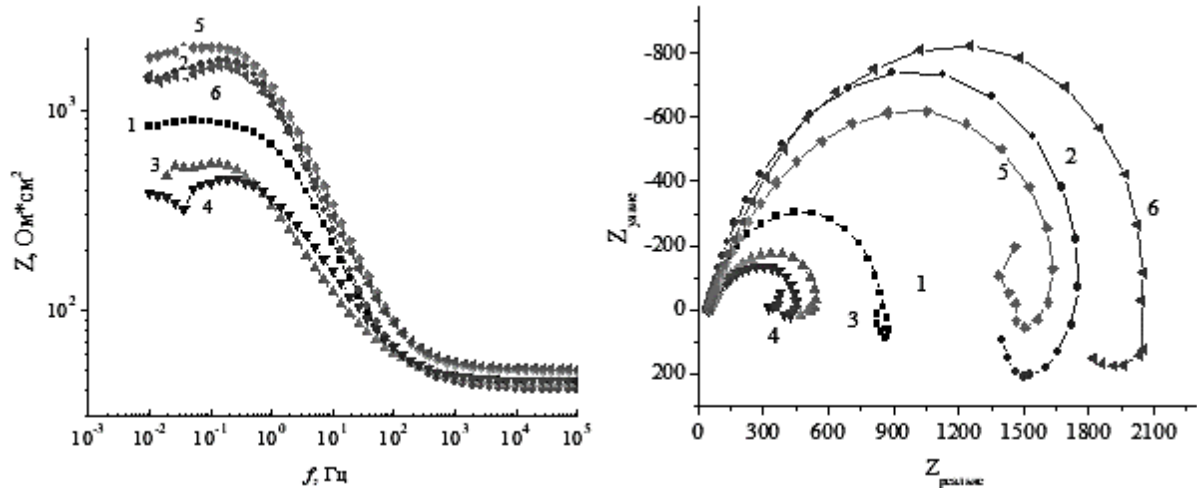


Рис. 2. Залежність модуля імпедансу від частоти струму та криві Найквіста для контактної (1,3,5) і зовнішньої (2,4,6) поверхонь вихідного АМС $\text{Fe}_{78,5}\text{Ni}_{1,0}\text{Mo}_{0,5}\text{Si}_{6,0}\text{B}_{14,0}$ (1,2) та після попередньої термообробки при 373 К (3,4) та 473 К (5,6) у 0,5 М водному розчині NaCl .

Отже, різними електрохімічними методами показано, що одногодина термічна обробка АМС $\text{Fe}_{78,5}\text{Ni}_{1,0}\text{Mo}_{0,5}\text{Si}_{6,0}\text{B}_{14,0}$ при 373 та 473 К приводить до зниження хімічного опору сплаву у 0,5 М водному розчині NaCl , що, очевидно, пов'язано з дефектністю оксидних захисних покриттів.

Встановлено, що додаток Cu в сплаві на основі заліза $\text{Fe}_{73,1}\text{Cu}_{1,0}\text{Nb}_{3,0}\text{Si}_{15,5}\text{B}_{7,4}$ сприяє формуванню щільних оксидних поверхневих шарів, які підвищують корозійну тривкість.

Література:

1. Magnetomechanical effects in amorphous ribbons / M.O. Vasylyev, V.K. Nosenko, V.M. Shyvaniuk, H.H. Halstian, I.V. Zagorulko // *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii*. - 2020. - **42**, Is. 7. - P. 949–962.
2. Corrosion Resistance of Modified Amorphous Alloys Based on Iron in Sulfuric Acid / O.M. Hertsyk, M.O. Kovbuz, T.H. Hula, S.A. Korniy, O. A. Yezerska, N. L. Pandiak // *Material Science*. – 2021. –**56**, Is. 6. - P. 755–763.
3. Structure and magnetic anisotropy of rapidly quenched FeSiB ribbons / G.S. Mogilny, B.D. Shanina, V.V. Maslov, V.K. Nosenko, A.D. Shevchenko, V.G. Gavriljuk // *J. Non-Cryst. Sol.* — 2011. — **357**. — P. 3237—3244.
4. Бойчишин Л.М., Герцик О.М. Аморфні металеві сплави: структура, властивості, методи дослідження: навч. посіб. – Львів: ЛНУ ім. Ів. Франка, 2016. – 135 с.