

## ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ХІМІЧНОГО ТРАВЛЕННЯ СПЛАВУ БрБ2 В РІЗНИХ ЕЛЕКТРОЛІТАХ

*Ляшенко В.О., студент гр.ДХ-21-22*

*Науковий керівник: к.х.н., доц., каф. ХХТ Єгорова Л.М.*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Встановлення закономірностей і стадійності процесів хімічного і електрохімічного розчинення металів і сплавів в розчинах, які традиційно застосовують, а також створення нових електролітних систем сприяють удосконаленню технологій, можливості управління технологічними процесами, визначенню режимів експлуатації виробів [1].

Питання селективного розчинення мідних сплавів, розглянуто у багатьох авторів [2]. Це обумовлено, перш за все, необхідністю захисту конструкційних матеріалів від селективної корозії, яка є причиною різкого і незворотного погіршення механічних властивостей металевих сплавів та призводить до їх повного руйнування. Поряд з негативними ефектами селективного розчинення сплавів активно вивчається можливість застосування процесу вибіркового розчинення дво- і багатокомпонентних твердих розчинів для отримання високорозвинених, мікро- і нанопористих матеріалів [3]; найбільш відомим прикладом процесу є скелетний нікель, синтезований Рене на початку минулого століття [4].

Методом ОДЕ (дисковий електрод, що обертається) досліджено хімічне травлення берилієвої бронзи БрБ2 в кислих розчинах на основі  $\text{FeCl}_3$  при високій швидкості обертань електроду ( $\omega=74 \text{ об}\cdot\text{с}^{-1}$ ). Швидкість розчинення сплаву БрБ2 визначали гравіметричним методом. Методом атомної абсорбції визначена селективність розчинення компонентів сплаву. На підставі отриманих експериментальних даних були обрана серія з п'яти складів травильних розчинів, які забезпечують високу швидкість травлення і рівномірне розчинення компонентів берилієвої бронзи. По мірі розчинення компонентів сплаву БрБ2

змінюється склад травильного розчину і, відповідно, швидкість розчинення компонентів сплаву. У зв'язку з цим дуже важливою є перевірка стабільності процесу травлення берилієвої бронзи в часі. Для цього було досліджено зміну швидкості розчинення сплаву БрБ2 в часі та побудовані  $v - \tau$  криві (рис.1).

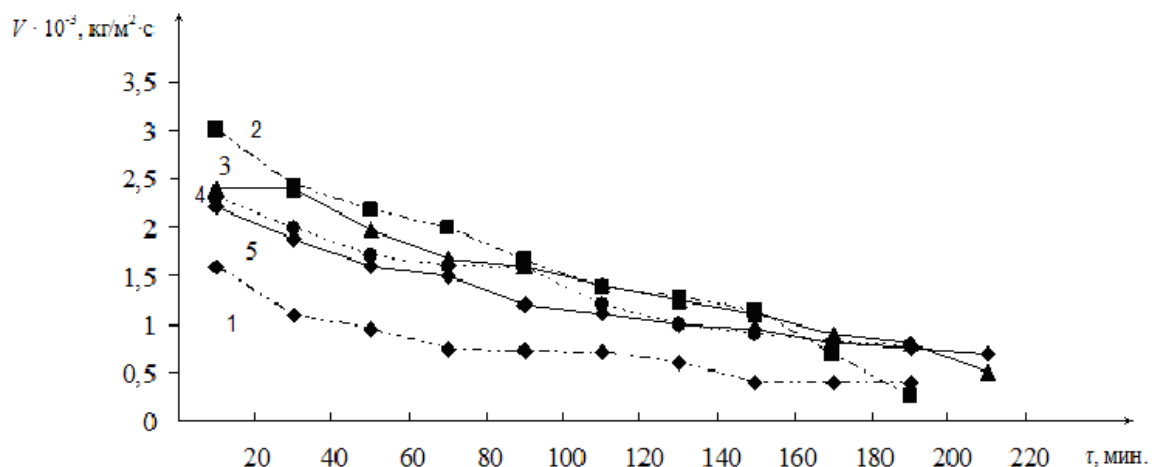


Рисунок 1 – Зміна швидкості травлення сплаву БрБ2 в час. У розчинах складу моль / л: 1–0,5M FeCl<sub>3</sub>, 2–1,0M FeCl<sub>3</sub>, 3–0,5M FeCl<sub>3</sub> + 0,5M Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + 0,5M HCl, 4–0,5M FeCl<sub>3</sub> + 0,5M Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + 0,25M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 5–0,5M FeCl<sub>3</sub> + 0,5M Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>

Згідно з експериментальними даними рис. 1 були обчислені кількісні показники травлення. Кількісні характеристики травлення для складів розчинів, рекомендованих як високошвидкісні (залежності 2 і 3, рис. 1), одночасно відрізняються найбільш високими значеннями різниці швидкостей травлення латуні ( $v_{max} - v_{min}$ ), ( $v_{max} - v_{med}$ ) і ( $v_{med} - v_{min}$ ). Розчинення берилієвої бронзи проводили в одному і тому ж об'ємі розчину до появи завислої твердої фази. Концентрації метало-іонів в відпрацьованих розчинах після виснаження, визначені атомно-абсорбційним методом, що дозволило ідентифікувати склади розчинів, які забезпечують найбільш високу ємність по компонентам сплаву.

Мінералогічний склад малорозчинних сполук у виснажених травильних розчинах було визначено рентгенофазовим аналізом (табл.1). Як видно з табл. 1

в кожному зразку присутня фаза  $\text{FeOOH}$  і фаза  $\text{CuCl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$  в найбільшій кількості.

Таблиця 1 - Фазовий склад і характеристики фаз в зразках

№	Склад травильного розчину	Фаза	Мас.%	Параметри ґраток (Å, °)	Ср. розмір кристаліти в, (нм)
1	0,5М $\text{FeCl}_3$	$\text{CuCl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$ _Eriochalcite_Pmna	21.4(3)	a=8.0815(4) b=3.74118(3) c=7.4060(4)	51
		$\text{FeOOH}$ -beta_Akaganeite_I4/m	77.8(3)	a=10.5448(3) c=3.03452(5)	9
		$\text{Fe}_2\text{O}_3$ _Hematite_R-3c	0.89(11)	a=5.2106 c=12.5469	75
2	0,5М $\text{FeCl}_3$ + 0,5М $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$	$\text{CuCl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$ _Eriochalcite_Pmna	16.2(2)	a=8.0692(5) b=3.7333(4) c=7.3974(6)	54
		$\text{FeOOH}$ -beta_Akaganeite_I4/m	34.2(5)	a=10.5612(5) c=3.0274(3)	17
		$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ _Hydromolysite_C2/m	47.3(9)	a=12.212(2) b=6.756(3) c=6.254(6)	9
		$\text{Cu}(\text{OH})_2$ _Spertiniite_Cmc2 <sub>1</sub>	2.4(2)	a=2.9918(18) b=10.716(8) c=5.204(2)	23
3	0,5М $\text{FeCl}_3$ + 0,5М $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ + 0,5М $\text{HCl}$	$\text{CuCl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$ _Eriochalcite_Pmna	42.7(5)	a=8.08487(17) b=3.7434(2) c=7.41062(18)	126
		$\text{FeOOH}$ -beta_Akaganeite_I4/m	57.3(8)	a=10.5755(16) c=3.0349(7)	5
4	1,0М $\text{FeCl}_3$	$\text{CuCl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$ _Eriochalcite_Pmna	19.6(4)	a=8.0763(4) b=3.7312(4) c=7.4024(4)	31
		$\text{FeOOH}$ -beta_Akaganeite_I4/m	80.4(7)	a=10.5447(14) c=3.0337(6)	5

Причому осад отриманий з розчину складу  $0,5\text{M FeCl}_3 + 0,5\text{M Fe}(\text{NO}_3)_2 + 0,5\text{M HCl}$  більш збагачений  $\text{CuCl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$  (42,7%) в порівнянні з осадом з розчину складу  $0,5\text{M FeCl}_3$ , в якому вміст  $\text{CuCl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$  становить 21,4%. Це доводить, що найбільшою ємністю по мідній компоненті сплаву БрБ2 має саме розчин складу  $0,5\text{M FeCl}_3 + 0,5\text{M Fe}(\text{NO}_3)_2 + 0,5\text{M HCl}$ .

Як видно з результатів рентгенофазового аналізу отриманих малорозчинних сполук в досліджуваних відпрацьованих травильних розчинах не

ідентифіковано сполуки одновалентної міді. Відсутність в осаді сполук Cu (I) доводить перебіг двохстадійного окислення міді і накопичення іонів  $Cu^{2+}$  в розчині. Це відмінна риса розчинів на основі  $FeCl_3$ .

У хлоридвмістних розчинах, які не містять сильного окислювача, мідь накопичується у вигляді хлоридних комплексів Cu(I), які досить швидко розпадаються з утворенням осаду з малорозчинних сполук. Таким чином, доцільність використання багатокомпонентних травильних розчинів, крім рівномірності травлення сплаву, підтверджується їх більшою ємністю по іонів компонентів сплаву.

Таким чином, запропоновані оптимальні склади травильних розчинів та доведена доцільність використання багатокомпонентних травильних розчинів.

#### **Перелік посилань:**

1. Walker P. Handbook of metal etchants / P. Walker, W. H. Tarn / CRC Press LLC Boca Raton Boston London New York Washington, D.C., 1991 – 1415 p.
2. Altenberger I. Material properties of high-strength beryllium-free copper alloys / I. Altenberger, H. A. Kuhn and H. R. Müller // Int. J. Materials and Product Technology. – 2015– Vol. 50, No. 2, – P.124-145.
3. Choucri J. Corrosion behavior of different brass alloys for drinking water distribution systems / J. Choucri, F. Zanutto, V. Grassi, A. Baibo, M. Touhami, I. Mansouri, C. Monticelli // Metals. - 2019 - № 9(649) - P. 1-19.
4. Erlebacher J. Dealloying of Binary Alloys Evolution of Nanoporosity. In book: Dekker Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology. New-York (USA), CRC Press, SSSR, 1979, vol. 15, pp. 62 – 131. 2004. pp. 893–902.