

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ХІМІЧНОГО РОЗЧИНЕННЯ БЕРИЛІЄВОЇ БРОНЗИ В РІЗНИХ ЕЛЕКТРОЛІТАХ

Ляшенко В.О. ДХ-11-22

*Науковий керівник: к.х.н., доц. каф. ХХТ Єгорова Л.М.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

Анодні процеси визначають корозійну стійкість металів і сплавів та істотно впливають на стабільність роботи пристроїв, що працюють за електрохімічним принципом. При виготовленні електронних пристроїв часто використовують мідь і мідні сплави. Наприклад, мідно-берилієві сплави застосовують для виготовлення пружних елементів та плоских пружин [1]. Високий опір втомі, міцність, пружність, електропровідність і корозійна стійкість - все це забезпечує широке використання пружних елементів з берилієвої бронзи в електротехнічному обладнанні, контрольно-вимірювальних приладах, для виготовлення гіроскопів, неіскристого інструменту [2].

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.

З метою вивчення хімічного розчинення сплаву БрБ2 в розчинах різного складу методом ОДЕ (дисківий електрод, що обертається) досліджено хімічне розчинення берилієвої бронзи БрБ2 в кислих розчинах на основі 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 згідно з якими були обчислені кількісні показники травлення. Кількісні характеристики травлення дозволили визначити склади розчинів, рекомендованих як високошвидкісні. Висока швидкість травлення в розчині 1,0М FeCl₃ в порівнянні з іншими обумовлена, перш за все, найбільшою концентрацією іона - окислювача Fe³⁺. Швидкість розчинення сплаву зростає як в залежності від концентрації іона Fe³⁺, так і від сумарної концентрації іонів хлору і рН розчину, що забезпечують добавки до розчину 0,5М FeCl₃ у вигляді Fe(NO₃)₂ і HCl. Саме цим можна обґрунтувати високошвидкісне травлення сплаву БрБ2 в розчині 0,5М FeCl₃ + 0,5М Fe(NO₃)₂ + 0,5М HCl.

Крім того, зростання швидкості розчинення берилієвої бронзи можна пояснити утворенням в розчині комплексів заліза (III), що активують розчинення мідної складової сплаву, в той час як зниження рН розчину забезпечує розчинення берилієвої компоненти сплаву БрБ2.

Розчинення берилієвої бронзи проводили в одному і тому ж об'ємі розчину до появи завислої твердої фази. Концентрації метало-іонів в відпрацьованих розчинах, визначені атомно-абсорбційним методом, представлені в таблиці 1.

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.

Удосконалити технологічний процес травлення можна за рахунок збільшення його тривалості без скидання відпрацьованих розчинів в промисловий стік.

У цьому випадку використовують розчини, що мають найбільш високу ємність по компонентам сплаву: розчин складу 4 (22,2г/л); складу 3 (21,2 г/л).

Сумарна концентрація іонів міді і берилію в даний момент часу відповідала «ємності» розчину по компонентам, які розчиняються (табл 2).

Таблиця 1 – Результати атомно - абсорбційного аналізу відпрацьованих травильних розчинів (час травлення сплаву БрБ2 200 хв.; 25°C)

| № п/п | Склад розчину, моль/л | Концентрації іонів, г/л | |
|----------|--|-------------------------|------------------|
| | | Cu ²⁺ | Be ²⁺ |
| 1 | 0,5М FeCl ₃ | 10,27 | 0,175 |
| 2 | 0,5М FeCl ₃ + 0,5М Fe(NO ₃) ₂ | 19,98 | 0,291 |
| 3 | 0,5М FeCl ₃ + 0,5М Fe(NO ₃) ₂ + 0,25М H ₂ SO ₄ | 21,78 | 0,304 |
| 4 | 0,5М FeCl ₃ + 0,5М Fe(NO ₃) ₂ + 0,5М HCl | 21,93 | 0,281 |
| 5 | 1,0М FeCl ₃ | 20,8 | 0,222 |

Таблиця 2 – Максимальна сумарна концентрація іонів міді та берилію за цикл травлення (нумерація складів травильних розчинів відповідає таблиці 1)

| № складу розчину | Тривалість циклу травлення до випадіння осаду, хв. | Сумарна концентрація іонів міді і берилію, г/л |
|---------------------|---|---|
| 1 | 160 | 10,45 |
| 2 | 180 | 20,27 |
| 3 | 160 | 22,1 |
| 4 | 180 | 22,2 |
| 5 | 160 | 21 |

Мінералогічний склад малорозчинних сполук у виснажених травильних розчинах було визначено рентгенофазовим аналізом. Не ідентифіковано сполук Cu(I), що доводить перебіг двохстадійного окислення міді і накопичення іонів Cu²⁺ в розчині.

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

А саме:

➤ Обрані склади розчинів, які забезпечує високошвидкісне і рівномірне травлення сплаву БрБ2: 1) 0,5 М FeCl₃; 2) 0,5 М FeCl₃ + 0,5 М Fe(NO₃)₃ + 0,25 М H₂SO₄; 3) 0,5 М FeCl₃ + 0,5 М Fe(NO₃)₃ + 0,5 М HCl.

➤ З урахуванням факторів простоти і дешевизни складу при високих показниках швидкості травлення і рівномірності розчинення обох компонентів берилієвої бронзи БрБ2 в якості оптимального запропоновано склад 0,5 М FeCl₃.

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.