

ВПЛИВ СЕРЕДОВИЩА НА КОРОЗІЙНУ СТІЙКІСТЬ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ Cu–Mo

Гречанюк І. М., Чорновол В. О.

Київський національний університет будівництва і архітектури,
просп. Повітряних Сил, 31, 03037, Київ, e-mail: eltechnic777@ukr.net

Анотація. Досліджені зміни структури в поверхневому шарі композиційних матеріалів на основі міді і молібдену, отриманих методом електронно-променевого випаровування-конденсації, після проведення корозійних досліджень в середовищах насичених CO_2 і SO_2 . Проведено рентгеноструктурний аналіз поверхні півки після корозійних випробувань. На основі гравіметричних досліджень розраховані вагові і глибинні показники корозії та визначений бал корозійної стійкості.

Ключові слова: композиційні матеріали, структура, корозійна стійкість.

Композиційні матеріали (КМ) Cu–Mo, отримані методом електронно-променевого випаровування-конденсації [1], знайшли широке використання в якості електричних контактів різного призначення.

При експлуатації електричних контактів в реальних умовах (підвищена вологість, агресивні середовища тощо), крім високих механічних характеристик, тепло-, електропровідності, особливого значення набуває корозійна стійкість матеріалів. Для дослідження корозійної стійкості використовували парофазні композити з різним вмістом молібдену Cu-(2,5–5,0 % мас.)Mo; Cu-(5,1–8,0 % мас.)Mo; Cu-(8,0–12,0 % мас.)Mo [2–4].

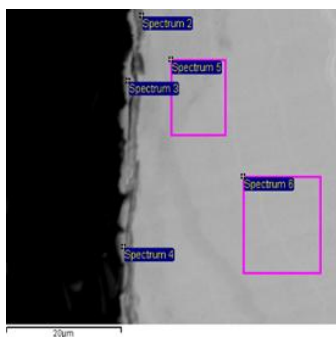
На швидкість корозійних процесів, які можуть протікати на поверхні КМ, впливає багато факторів серед яких найважливішим є склад атмосфери і вологість повітря. Викиди в атмосферу сульфуру і карбону роблять її занадто агресивною, у зв'язку з чим наносять значних збитків матеріалам, які знаходяться в ній. Підраховано, що кількість SO_2 , яка викидається в атмосферу становить до 8 % від загальної кількості палива, яке спалюється. Кожний рік в повітряному просторі накопичується до 90 млн т цього шкідливого газу. Корозійна дія SO_2 найбільше проявляється при відносній вологості більше 70 %. В зв'язку з цим дослідження корозійної стійкості проводили у дистильованій воді в атмосфері SO_2 при рН = 6,7 і у дистильованій воді насиченій CO_2 .

Основою проведення досліджень корозійних властивостей КМ Cu–Mo явився структурологічний підхід, оскільки при протіканні корозійних процесів змінюються склад і структура поверхневого шару.

Після проведення корозійних досліджень у дистильованій воді насиченій CO_2 і в атмосфері SO_2 встановлено, що для всіх зразків характерна зміна концентрації молібдену по товщині конденсату, причому

при наближенні до поверхні концентрація молибдену зменшується, а кисню збільшується (рис. 1).

У зразках, які досліджувалися в середовищі CO₂, на поверхні зразків збільшується також концентрація карбону максимально до 22,59 % за рахунок присутності вуглецевого газу в корозійному середовищі, що сприяє утворенню на поверхні основних солей типу (CuOH)₂CO₃. Крім того, в об'ємі конденсату спостерігаються домішки карбону в кількості 0,39 % мас., що обумовлено особливостями проведення технологічного процесу.



Sp	C	O		C	Mo
2	12,78	15,14		70,5	1,57
3	22,59	16,34		59,83	1,24
4	13,06	16,98		67,39	2,87
5	0,39	0,34		84,81	14,49
6	0,4	0,26		83,6	15,74

Рис. 1. Склад конденсату Cu-(8,0-12,0 % мас.)Mo в перерізі після корозійних випробувань в атмосфері CO₂

Наявність 16,98 % мас. кисню на поверхні свідчить про утворення оксидної плівки.

Рентгеноструктурний аналіз поверхні плівки після корозійних випробувань підтвердив, що основними її складовими є мідь і оксид міді Cu₂O. Крім того, у всіх зразках спостерігаються слабкі додаткові лінії з $d = 2,22$ і $1,11$ Е, які відповідають оксиду молибдену і їх кількість зростає зі збільшенням його вмісту в конденсаті (див. рис. 2).

Наведені результати дають підстави визначити механізм корозійних процесів: корозія мідно-молибденових конденсатів супроводжується утворенням мікрогальванічних пар мідь – молибден, в яких більш активний метал – молибден дифундує до поверхні, іонізується і переходить в розчин. Крім того, враховуючи різні потенціали на поверхні, відбувається іонізація міді з переходом у середовище іонів купруму. При взаємодії іонів молибдену і купруму з киснем із розчину на поверхні конденсату утворюється оксидна плівка, яка складається із оксидів купруму і оксиду молибдену. Така плівка не суцільна і не має захис-

них властивостей, в зв'язку з чим процес корозії поширюється вглибину. Механізм корозійних процесів однаковий в досліджуваних середовищах.

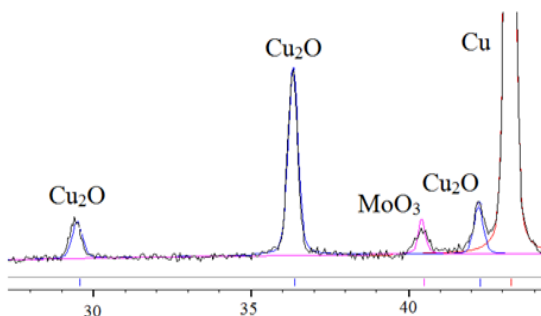


Рис. 2. Фрагмент рентгенограми Cu–Mo після випробування у дистильованій воді насиченій CO₂

Така тенденція зберігається для КМ з різним вмістом молибдену. Корозійна стійкість зменшується в усіх досліджуваних середовищах від конденсатів з більшою концентрацією молибдену до зразків з меншим вмістом молибдену. Ці результати підтверджуються гравіметричними дослідженнями проведеними протягом 100 годин в дистильованій воді, у воді насиченій CO₂ і у воді з вмістом SO₂, що відповідає рН = 6,7. Вимірювання зміни маси проводили через кожні 20 год (рис. 3).

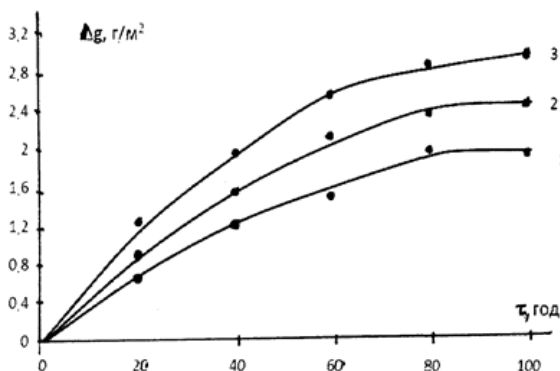


Рис. 3. Вплив концентрації молибдену в композитах Cu-(8,0–12,0 % мас.)Mo на зменшення маси зразків в різних середовищах: 1 – дистильована вода; 2 – SO₂; 3 – CO₂

Інтенсивність корозійних пошкоджень, як показали дослідження, збільшується при випробуваннях в різних середовищах в такій

послідовності: найменша у воді, потім SO₂ і найбільша в атмосфері CO₂. Про це свідчить характер пошкоджень і також інтенсивність утворення оксидів на поверхні конденсатів Cu–Mo. Встановлено, що із збільшенням вмісту молібдену втрати маси збільшуються у всіх середовищах. Найбільше зменшення маси характерне для середовища, насиченого CO₂.

На основі гравіметричних досліджень розраховані вагові і глибинні показники корозії і визначений бал корозійної стійкості (табл. 1).

Таблиця 1

**Вагові і глибинні показники корозії матеріалу С–Мо
в різних середовищах**

Матеріал	$K_{ваг}$, г/м ² ·год	P , мм/рік	Бал корозійної стійкості
Дистильована вода			
Cu-(2,5–5,0 %мас.)Mo	0,045	0,043	Стійкі 4
Cu-(5,1–8,0 %мас.)Mo	0,051	0,050	
Cu-(8,0–12,0 %мас.)Mo	0,058	0,057	Стійкі 5
Дистильована вода насичена CO ₂			
Cu-(2,5–5,0 %мас.)Mo	0,063	0,062	Стійкі 5
Cu-(5,1–8,0 %мас.)Mo	0,069	0,068	
Cu-(8,0–12,0 %мас.)Mo	0,075	0,074	
Дистильована вода насичена SO ₂			
Cu-(2,5–5,0 %мас.)Mo	0,046	0,045	Стійкі 4
Cu-(5,1–8,0 %мас.)Mo	0,055	0,054	Стійкі 5
Cu-(8,0–12,0 %мас.)Mo	0,065	0,064	

З результатів дослідження витікає, що найбільші втрати маси спостерігаються в дистильованій воді насиченій CO₂, яким відповідає найнижчий бал корозійної стійкості. Для підвищення корозійної стійкості необхідне додаткове легування мідної матриці. Одним із поширених методів легування міді є введення добавок металів, що входять до складу бронзи і утворюють тверді розчини з міддю.

Список використаних джерел

1. Grechyanyuk N. I. Baglyuk G. A. Kucherenko P. P., Melnik A. G., Grechyanyuk I. N. Grechyanyuk V. G. Smashnyuk Y. A. Laboratory Electron-Beam Multipurpose Installation L-2 for Producing Alloys, Composites, Coatings, and Powders Powder Metallurgy and Metal Ceramics, 2017, 56 (1), P. 113–121.

2. Grechanyuk N. Corrosion resistance of composite materials Cu–Mo–Zr–Y, used as electrical contacts / N. Grechanyuk // 7-th International Conference on Electron Beam Technologies, 1–6 June 2003. – Varna, Bulgaria. – P. 265–269.

3. Grechanyuk N. I., Konoval V. P., Grechanyuk V. G., Bagliuk G. A., Myroniuk D. V. Properties of Cu–Mo Materials Produced by Physical Vapor Deposition for Electrical Contacts Powder Metallurgy and Metal Ceramics, 2021, 60 (3–4), P. 183–190.

4. Grechanyuk V. G., Grechanyuk N. I., Chornovol V. O., Kozyrev A. V., Gots V. I. Matsenko A. V. Kulichenko V. A. Grabina T. D Kozyreva Yu. I. Copper and Molybdenum-Based Nanocrystalline Materials Металофізика і новітні технології. – 2022. – Вип. 44, № 7. – С. 927–942.