

© Гречанюк В.Г., Чорновол В.О., 2014

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна

ВПЛИВ ШВИДКОСТІ РУХУ СЕРЕДОВИЩА НА КОРОЗІЙНУ СТІЙКІСТЬ КОНДЕНСОВАНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ Cu-Al, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОГО ВИПАРОВУВАННЯ- КОНДЕНСАЦІЇ У ВОДІ

Досліджено вплив руху середовища на перебіг корозійних процесів у дистильованій воді в конденсованих композиційних матеріалах Cu-Al, створених методом електронно-променевого випаровування-конденсації. Досліджена структура і корозійна стійкість композиційних матеріалів Cu-Al з різним вмістом алюмінію. Гравіметричним методом встановлена залежність між швидкістю руху корозійного середовища та зміною маси конденсатів. Показана кореляція між результатами зміни електричного опору поверхні зразків і різними швидкостями руху середовища.

Ключові слова: композиційні матеріали, структура, корозійна стійкість, електронно-променева технологія.

Для поліпшення експлуатаційних характеристик матеріалів, які використовуються в якості електричних контактів, важливим є вибір корозійностійких сплавів із врахуванням їх поведінки в умовах, близьких до реальних. За малими значеннями питомого електричного опору сріблу поступається лише мідь (за 20 °С становить $1,724 \div 1,80 \cdot 10^{-8}$ Ом·м), у зв'язку з чим вона широко застосовується в електротехнічній промисловості для виготовлення силових кабелів, дротів або інших провідників.

Серед матеріалів для електричних контактів, що можуть замінити срібловмісні, може використовуватися конденсована мідь, виготовлена методом електронно-променевого випаровування-конденсації, яка має досить велику електропровідність і корозійну стійкість. Разом з тим чиста мідь характеризується низькими показниками механічних властивостей, для покращення яких необхідно вводити легуючі добавки, що поліпшують механічні характеристики і незначно зменшують електропровідність і корозійну стійкість. Як добавку можна використовувати алюміній, оскільки він має велику електропровідність і корозійну стійкість.

Експериментальна частина

Композиційні матеріали (КМ) Cu-Al створювали методом електронно-променевого випаровування із двох незалежних тиглів і подальшої конденсації у вакуумі змішаного парового потоку на стаціонарній підкладці, виготовленій із Ст3 за температури

900±30 °С [1,2]. Технологічна схема виготовлення КМ Cu-Al наведена на рис. 1.

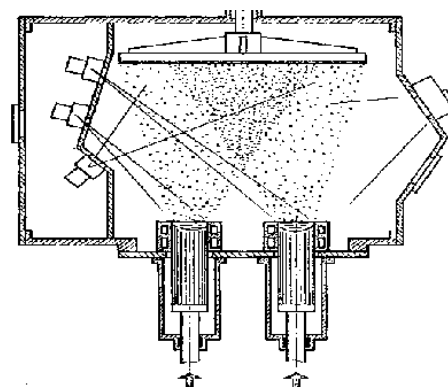


Рис. 1. Схема створення композиційних матеріалів Cu-Al

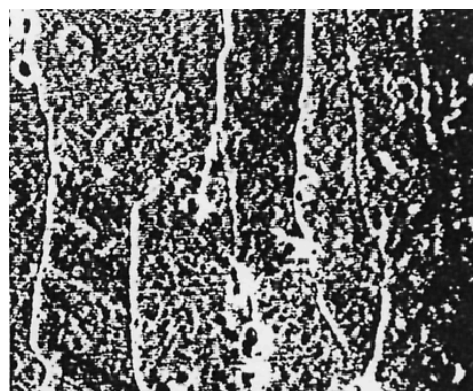
Корозійну стійкість вивчали гравіметричним методом [3] протягом 100 годин. Щоб уникнути впливу іонів, що містяться у водопровідній воді, на корозію конденсатів Cu-Al, дослідження проводили в дистильованій воді. Швидкість потоку змінювалася від 0,133 м/с до 0,533 м/с. Електричний опір поверхні зразків у процесі корозійних досліджень контролювали за допомогою моста постійного струму МОД-61 і дзеркального гальванометра М 17/1.

Корозійну поведінку конденсатів Cu-Al у водних середовищах описано досить детально [4], однак питання пов'язані з вивченням корозії конденсатів Cu-Al у різних динамічних режимах залишилися нез'ясованими. У зв'язку з цим у цій роботі вивчена не тільки корозійна стійкість КМ Cu-Al з різним вмістом алюмінію, але і встановлено вплив

швидкості руху середовища на корозію конденсованих композиційних матеріалів Cu-Al у дистильованій воді.

Проведені дослідження показали, що легування міді алюмінієм зменшує розмір зерна кристалітів від $35\div 40$ мкм в конденсаті чистої міді до 15 мкм у конденсаті Cu-6 %(мас.)Al і поліпшує механічні властивості. Рентгенографічними і електронно-мікроскопічними дослідженнями доведено, що тверді розчини алюмінію в міді (α – фаза) утворюються в області концентрацій алюмінію до 6 %(мас.). За вмісту алюмінію більше 6 %(мас.) конденсати складаються із суміші α -твердого розчину і γ_2 -фази, що свідчить про нерівноважність вихідної структури вакуумних конденсатів Cu-Al для концентрації алюмінію більше 6 %. За таких умов у вакуумних конденсатах Cu-Al з'являється нова γ_2 -фаза, параметри ґратки якої близькі до $a = 0,87052$ нм і відповідають фазі сполуки Cu_9Al_4 . Поверхня конденсатів Cu-Al з вмістом алюмінію до 6 % – це мікрогетерогенна система. Мікрогетерогенність виявляється на атомарному рівні у зв'язку з різною термодинамічною активністю міді та алюмінію і на рівні локальних порушень еквіпотенційності за рахунок наявності градієнту концентрацій, дефектів структури, пошкоджень поверхні тощо. За появи γ_2 -фази в конденсатах, що містять більше 6 %(мас.) алюмінію, мікрогетерогенність виступає як фон, а поверхня конденсатів стає макронеоднорідною. Перехід від мікро- до макронеоднорідності і суттєві відмінності в електрохімічній поведінці зазначених фаз призводять до зменшення термодинамічної стійкості двофазних конденсатів Cu-Al і впливають на їх корозійну стійкість. Для конденсатів, які містять до 6 % алюмінію, характерна відсутність фазових змін у структурі поверхневого шару, корозія відбувається рівномірно по всій поверхні. У разі складу Cu-8 %(мас.)Al взаємодія з середовищем призводить до значних змін структури поверхневого шару, корозія супроводжується передусім руйнацією γ_2 -фази (рис.2).

Гравіметричні дослідження КМ матеріалів Cu-(2÷8) %(мас.)Al показали збільшення втрат маси з підвищенням вмісту алюмінію для всіх зразків (рис.3). Особливо це помітно для концентрації алюмінію 8 % (мас.), що пов'язано з утворенням γ_2 -фази.



а



б

Рис.2. Структура вакуумних конденсатів Cu-Al після корозійних випробувань:
а – Cu-2 %(мас.) Al (x1000); б – Cu-8 %(мас.) Al (x2000)

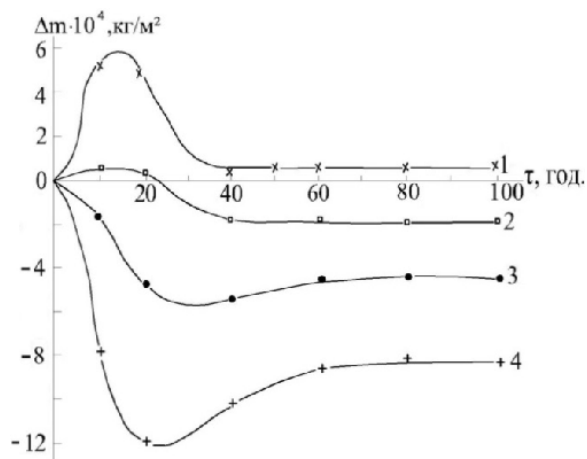


Рис. 3. Зміна маси зразків конденсатів Cu-Al у процесі гравіметричних випробувань у дистильованій воді в статичних умовах: 1 – Cu-2 % (мас.)Al, 2 – Cu-4 %(мас.) Al, 3 – Cu-6 %(мас.) Al, 4 – Cu-8 %(мас.) Al

Дослідження впливу швидкості руху потоку на корозійну поведінку конденсатів Cu-Al вивчали на зразках складу Cu - 8%(мас.) Al. Наведені гравіметричні

залежності показують, що з підвищенням швидкості руху потоку корозійного середовища втрати маси збільшуються (рис. 4). У всіх досліджуваних зразках найбільш інтенсивно корозійні процеси відбуваються в перші 40-50 годин, потім настає процес стабілізації. Збільшення швидкості руху потоку впливає на зміну двох факторів, що визначають корозійну поведінку конденсатів Cu-Al.

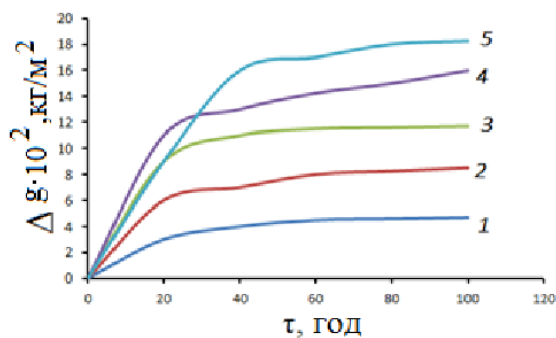


Рис. 4. Зміна маси зразків конденсатів Cu-8%(мас.)Al за швидкості руху потоку, м/с : 1 – 0,133; 2 – 0,178; 3 – 0,267; 4 – 0,400; 5 – 0,533

З одного боку, в результаті аерації середовища поліпшується доступ кисню до поверхні конденсатів, що сприяє більш активному утворенню гідратованих оксидів Купруму та Алюмінію. З іншого – інтенсивніше проявляється механічна дія потоку, що призводить до виведення іонів із дифузійного шару в об'ємі середовища і відновлення поверхні зразків.

Наведені дані добре корелюють з результатами вивчення зміни електричного опору поверхні зразків (рис. 5). Електричний опір поверхні зразків з незначним підвищенням швидкості руху середовища збільшується, що пояснюється переважним утворенням оксидів Купруму й Алюмінію, у зв'язку зі збагаченням корозійного середовища киснем і усуненням дифузійних обмежень. Максимальний електричний опір зразків спостерігається за швидкості руху

середовища 0,267 м/с. За більших швидкостей потоку корозійного середовища (більше 0,267 м/с) електричний опір зменшується. Переважаючим фактором у цьому випадку є механічна дія потоку, в результаті чого втрати маси збільшуються, оксидний шар і електричний опір поверхні зразків зменшуються.

Механічну дію потоку можна оцінити за результатами хімічного аналізу корозійного середовища через 100 годин випробувань (таблиця 1).

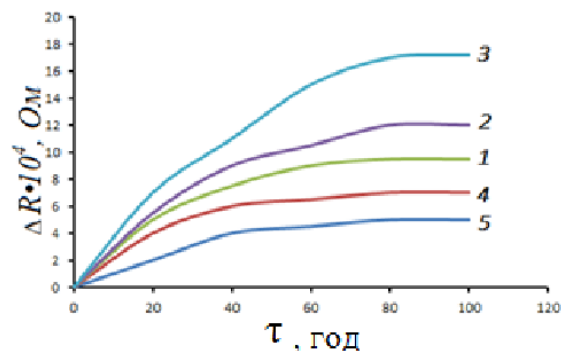


Рис. 5. Зміна електричного опору поверхні зразків в процесі корозійних досліджень за швидкостей потоку, м/с: 1 – 0,133; 2 – 0,178; 3 – 0,267; 4 – 0,400; 5 – 0,533

Наведені дані показують, що зі зростанням швидкості потоку вміст іонів Cu^{2+} і Al^{3+} у корозійному середовищі збільшується, що свідчить про інтенсифікацію корозійних процесів конденсатів Cu-Al.

Висновки

Після введення алюмінію до 6 %(мас.) корозійна стійкість КМ Cu-Al зменшується несуттєво, разом з тим для більшого вмісту алюмінію корозія значно посилюється в результаті утворення γ_2 -фази. Проведені дослідження свідчать про великий вплив динамічних умов на перебіг корозійних процесів. З підвищенням швидкості руху корозійного середовища збільшуються втрати маси конденсатів Cu-Al, а в корозійному

Таблиця 1

Хімічний аналіз корозійного середовища після 100 годин випробувань

Концентрація іонів, мг/л	Лінійна швидкість потоку, м/с					
	До випробувань	0,133	0,178	0,267	0,40	0,533
Cu^{2+}	0,05	0,18	0,26	0,39	0,46	0,65
Al^{3+}	0,003	0,34	0,41	0,47	0,52	0,58

середовищі зростає концентрація іонів Купруму й Алюмінію. Стабілізація процесу відбувається повільно і спостерігається після 40÷50 годин випробувань.

Список літератури

1. Зуев И. В. Обработка материалов концентрированными потоками энергии. – М.: МЭИ, 1998. – 162 с.
2. Мовчан Б.А, Малашенко И.С. Жаростойкие покрытия, осаждаемые в вакууме. – Киев: Наук.думка, 1983. – 230 с.
3. Унифицированная методика лабораторных испытаний эффективности ингибиторов коррозии в водных системах. – Рига: Ин-т неорг. химии АН Литв. ССР, 1980. – 29 с.
4. Гречанюк В.Г. Влияние содержания алюминия на коррозионную стойкость в воде вакуумных конденсаторов Cu-Al / В.Г. Гречанюк, А.Б. Яменко, В.А. Осокин, // Проблемы специальной электрометаллургии. – 1988. – № 4. – С. 51– 54.

Summary

Grechanyuk V.G., Chornovol V.O.

THE IMPACT VELOCITY OF THE MEDIUM ON THE CORROSION RESISTANCE OF CONDENSED COMPOSITE Cu-Al, OBTAINED BY ELECTRON-BEAM EVAPORATION OF CONDENSATION IN WATER

The influence of the medium on the progress of corrosion processes in distilled water in condensed composite materials Cu-Al, obtained by electron-beam evaporation-condensation. The structure and corrosion resistance of composite Cu-Al with different content of aluminum. Gravimetric method the dependence between the velocity of the corrosive environment and the change in mass of the condensates. Shown a correlation between the results of changes in electrical resistance of the surface samples and different speeds of the medium.