

## Корозійна стійкість композиційних матеріалів Cu—Cr, отриманих високошвидкісним випаровуванням- конденсацією у вакуумі

В. Г. Гречанюк, Є. В. Онопрієнко

Київський національний університет будівництва і архітектури,  
Україна, e-mail: vin25ebt@ukr.net

*Встановлено, що композиційні матеріали (КМ) Cu—Cr з різною концентрацією хрому характеризуються досить високою корозійною стійкістю у дистильованій та водопровідній воді в статичному і динамічному режимах і можуть використовуватись в якості електричних контактів, що працюють у вологому атмосферному середовищі.*

**Ключові слова:** конденсат, КМ Cu—Cr, корозійна стійкість, вода.

Використання методу електронно-променевого випаровування-конденсації для отримання електроконтактних матеріалів вакуумних вимикачів обумовлено його можливостями навіть у разі випаровування активних металів, таких як хром, отримувати конденсати з вмістом газоподібних домішок не вище, ніж у вихідному матеріалі. Ще однією особливістю цього методу є можливість створення комбінованих контактів з робочим шаром з дугогасного композиційного матеріалу (КМ), одержаного осадженням з парової фази з високою адгезією з мідною основою, яка забезпечує тепловідвід від робочого шару.

Конденсати Cu—Cr отримували на установці УЕ 189 випаровуванням хрому і міді з роздільних джерел і осадженням їх на нерухому підкладку із Ст.3 [1]. Рівномірному осадженню міді та хрому на підкладку сприяло те, що ці компоненти мають близькі температурні залежності тиску пари [2]. Зразки одержували осадженням на сталеву підкладку з попередньо нанесеним розділовим шаром фториду кальцію. Камеру випаровування вакуумували до досягнення залишкового тиску  $(1,3—4,0) \cdot 10^{-3}$  Па. Потім поверхню зливків прогрівали до температури плавлення основного металу з витримкою 15—20 хв при струмі 1,15—1,3 А для досягнення однорідності режиму ванни. На підкладку осідав шар з мідної ванни, а потім здійснювалося одночасне випаровування з обох ванн при струмі променя

**Т а б л и ц я 1. Значення електродних потенціалів системи Cu—Cr  
в воді**

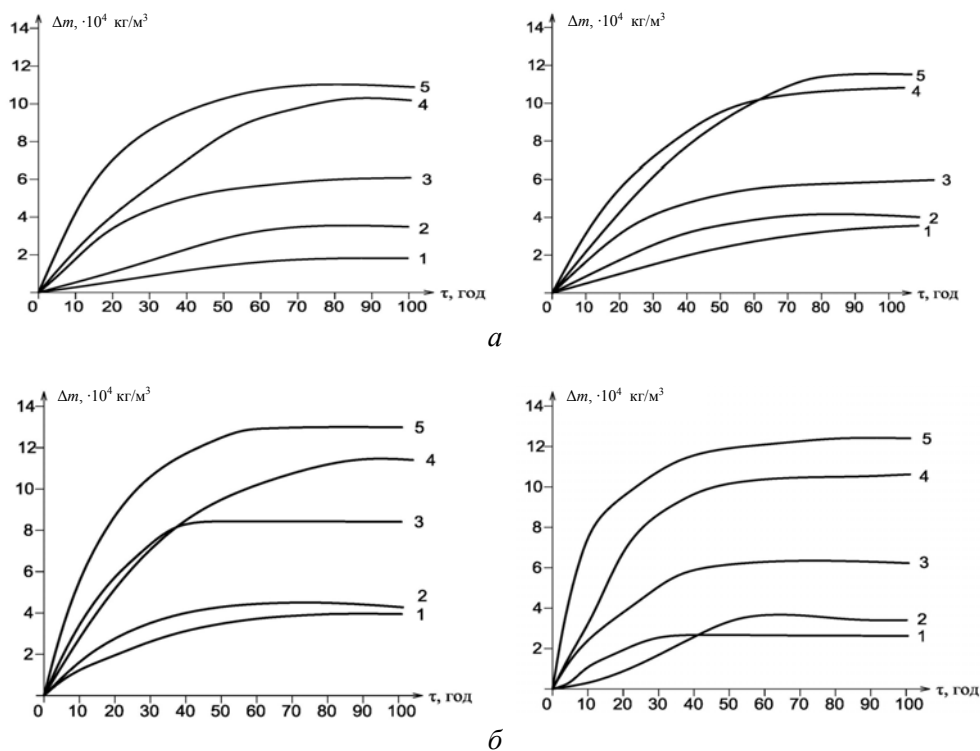
Cu	Cr, % (мас.)	Водопровідна вода	Дистильована вода
Основа	0,34	+0,431	+0,259
Основа	1,75	+0,416	+0,256
Основа	14,3	+0,401	+0,251
Основа	34,5	+0,398	+0,247
Основа	65,7	+0,399	+0,246

2,6—2,8 А і прискорюючій напрузі 20 кВ. Швидкість конденсації становила 8—10 мкм/хв. Отриманий конденсат являв собою пластину товщиною до 3 мм з градієнтом хімічного складу вздовж плити.

Значення електродних потенціалів в корозійному середовищі для композитів Cu—Cr є позитивними незалежно від концентрації хрому в зразках. Разом з тим слід зазначити, що з підвищенням концентрації хрому величини потенціалів зменшуються (табл. 1). Гравіметричні дослідження КМ Cu—Cr з різним вмістом хрому проводили у дистильованій і водопровідній воді в стаціонарному та динамічному режимах.

У стаціонарному режимі як у водопровідній, так і в дистильованій воді характер зміни маси зразків з різною концентрацією хрому однаковий: зі збільшенням вмісту хрому втрати маси зростають. На наведених гравіметричних залежностях видно, що в стаціонарному режимі зміни маси більші для дистильованої води. Це зумовлено більшою розчинністю кисню і підвищенням агресивності середовища (рисунок, а). Найбільші зміни маси в стаціонарному режимі як в дистильованій, так і в водопровідній воді простежуються для конденсатів Cu—Cr з вмістом хрому більше 14%.

У динамічних умовах характер зміни маси зразків в залежності від вмісту хрому також однаковий для дистильованої і водопровідної води, але у порівнянні зі стаціонарним режимом втрати маси вищі і так само підвищуються для конденсатів з більшим вмістом хрому (рисунок, б). В динамічному режимі відбувається аерація середовища і утворення продуктів корозії прискорюється. Але прискорюється і руйнування плівки,



Вплив вмісту хрому (1 — 0,34; 2 — 1,75; 3 — 14,3; 4 — 34,5; 5 — 65,7 % (мас.)) на зменшення маси конденсатів Cu—Cr в стаціонарному (а) та динамічному (б) режимах у водопровідній (зліва) і дистильованій (справа) воді.

**Т а б л и ц я 2. Склад (% (мас.)) середовища після корозійних випробувань**

Режим	Cu	Cr	$\chi, \text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$	pH
Вихідна дистильована вода	0,71	0,029	$4,8 \cdot 10^{-2}$	7,43
Статичний, дистильована вода	1,91	0,105	$4,99 \cdot 10^{-2}$	8,56
Динамічний, дистильована вода	1,98	0,486	$5,32 \cdot 10^{-2}$	7,88
Вихідна водопровідна вода	1,64	0,059	$7,9 \cdot 10^{-4}$	6,55
Статичний, водопровідна вода	1,49	0,106	$2,13 \cdot 10^{-3}$	7,29
Динамічний, водопровідна вода	1,51	0,223	$4,32 \cdot 10^{-3}$	6,93

**Т а б л и ц я 3. Вагові і глибинні показники корозії КМ Cu—Cr у дистильованій і водопровідній воді у статичних умовах**

Склад, % (мас.)		Водопровідна вода			Дистильована вода		
Cu	Cr	$K_{\text{ваг}}, \text{г/м}^2 \cdot \text{год}$	$P_{\text{гл}}, \text{мм/рік}$	Бал корозійної стійкості	$K_{\text{ваг}}, \text{г/м}^2 \cdot \text{год}$	$P_{\text{гл}}, \text{мм/рік}$	Бал корозійної стійкості
Основа	0,34	0,0036	0,0036	Досить стійкі 2	0,0036	0,0036	Досить стійкі 2
Основа	1,75	0,0041	0,0041	Досить стійкі 2	0,0041	0,0041	Досить стійкі 2
Основа	14,3	0,0052	0,0052	Досить стійкі 3	0,0052	0,0053	Досить стійкі 3
Основа	34,5	0,0071	0,0071	Досить стійкі 3	0,0071	0,0071	Досить стійкі 3
Основа	65,7	0,0097	0,0097	Досить стійкі 3	0,0099	0,0099	Досить стійкі 3

**Т а б л и ц я 4. Вагові і глибинні показники корозії КМ Cu—Cr у дистильованій і водопровідній воді у динамічних умовах**

Склад, % (мас.)		Водопровідна вода			Дистильована вода		
Cu	Cr	$K_{\text{ваг}}, \text{г/м}^2 \cdot \text{год}$	$P_{\text{гл}}, \text{мм/рік}$	Бал корозійної стійкості	$K_{\text{ваг}}, \text{г/м}^2 \cdot \text{год}$	$P_{\text{гл}}, \text{мм/рік}$	Бал корозійної стійкості
Основа	0,34	0,0039	0,0039	Досить стійкі 2	0,0039	0,0039	Досить стійкі 2
Основа	1,75	0,0042	0,0042	Досить стійкі 2	0,0042	0,0041	Досить стійкі 2
Основа	14,3	0,0064	0,0064	Досить стійкі 3	0,0064	0,0065	Досить стійкі 3
Основа	34,5	0,0087	0,0087	Досить стійкі 3	0,0088	0,0089	Досить стійкі 3
Основа	65,7	0,01	0,01	Досить стійкі 3	0,0099	0,0099	Досить стійкі 3

що утворилася, за рахунок механічного перенесення її продуктів в корозійне середовище в процесі його руху. Про це свідчить збільшення концентрації іонів міді й хрому в середовищі після корозійних досліджень (табл. 2).

Електропровідність середовища підвищується зі збільшенням концентрації іонів міді і хрому, РН середовища стає більш лужним внаслідок утворення продуктів корозії у вигляді гідроксидів металів. За результатами гравіметричних досліджень розраховано масові й глибинні показники корозії для дистильованої і водопровідної води для статичного й динамічного режимів (табл. 3, 4).

Таким чином, проведені дослідження свідчать про те, що КМ Cu—Cr з різною концентрацією хрому характеризуються досить високою корозійною стійкістю у дистильованій та водопровідній воді в статичному і динамічному режимах і можуть використовуватись в якості електричних контактів, що працюють у вологому атмосферному середовищі.

1. Гречанюк Н. И. Новое электронно-лучевое оборудование и технологии получения современных материалов и покрытий / Н. И. Гречанюк, П. П. Кучеренко, И. Н. Гречанюк // Автоматическая сварка. — 2007. — № 5. — С. 36—41.
2. Ниженко В. И. Поверхностное натяжение жидких металлов и сплавов / В. И. Ниженко, Л. И. Флока. — М. : Металлургия, 1981. — 208 с.

### **Коррозионная стойкость композиционных материалов Cu—Cr, полученных высокоскоростным испарением в вакууме**

В. Г. Гречанюк, Е. В. Оноприенко

*Установлено, что композиционные материалы (КМ) Cu—Cr с разной концентрацией хрома характеризуются достаточно высокой коррозионной стойкостью в дистиллированной и водопроводной воде в статическом и динамическом режимах и могут использоваться в качестве электрических контактов, работающих во влажной атмосферной среде.*

**Ключевые слова:** конденсат, КМ Cu—Cr, коррозионная стойкость, вода.

### **Corrosion resistance of the composite material Cu—Cr, obtained by evaporation in high vacuum**

V. G. Grechanyuk, E. V. Onopriyenko

*It has been established that the Cu—Cr CM at different concentrations of chromium have relatively high resistance to corrosion and in distilled tap water in static and dynamic conditions, and can to use as electrical contacts, operating in a moist atmospheric environment.*

**Keywords:** condensation, KM Cu—Cr, corrosion resistance, water.