

Наука та освіта : зб. пр. XVI Міжнар. наук. конф., 4–11.01.22 р., м. Хайдусобосло, Угорщина, 139–140.

3. Grabko, V. V., Bocula, M. P., 2003, Methods and information-measuring systems for technical diagnostics of power cosine capacitors. Monograph – Vinnytsia : UNIVERSUM–Vinnytsia, 144.

4. Gordienko, V. F., 1998, Structure and some properties of vacuum capacitors on aluminum foil. Measuring and computing equipment in technological processes, № 1, 162–165.

5. SE "Ukrainian Research and Training Center for Standardization, Certification and Quality", 2006, DSTU 1173:2007, Copper foil, tapes, sheets and plates, Technical conditions, IDT).

6. Malmberg, C., Käck, B., 2015, Aluminium foil at multiple length scales, mechanical tests and numerical simulations in Abaqus™, Division of Solid Mechanics, Lund Institute of Technology.

КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ Cu–NbC, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРО-ПРОМЕНЕВОГО ВИПАРОВУВАННЯ-КОНДЕНСЦІЇ

Гречанюк В. Г.¹, Гречанюк М. І.², Гречанюк І. М.¹, Гоц В. І.¹

*¹Київський національний університет будівництва і архітектури
м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31, E-mail: eltechnic777@ukr.net*

*²Інститут проблем матеріалознавства НАН України
м. Київ, Кржижанівського, 3*

Одним з методів поліпшення характеристик міцності міді є дисперсне зміцнення. Для конденсованих із парової фази композиційних матеріалів ефективно зміцнення матриці може бути досягнуто за умов якщо крайовий кут змочування θ міддю тугоплавкими сполуками, вибраними в якості зміцнюючої фази менше 90°C . Оскільки крайовий кут змочування карбіду ніобію рідкою міддю за температури 1100°C у вакуумі становить 70°C , то можна передбачити, що карбідне зміцнення мідної матриці буде ефективним. Крім того, доцільність застосування карбіду ніобію в якості зміцнюючої добавки мідної матриці обумовлена його високою температурою плавлення, можливістю конгруентного випаровування, високим модулем пружності, не розчинністю і не взаємодією з міддю за високих температур. Композиційні матеріали Cu–NbC отримували методом високошвидкісного випаровування-конденсації у вакуумі на установці L-2 [1].

При використанні конденсованих матеріалів Cu–NbC для виготовлення виробів силової металооптики велике значення набуває вивчення їх корозійної стійкості. У корозійному відношенні NbC характеризується високою стійкістю в слабоокиснювальних і нейтральних середовищах. У окиснювальних середовищах значні швидкості окиснення спостерігаються лише за потенціалів більш позитивних, ніж 1,4 В.

Добавки карбіду ніобію облагороджують стаціонарний електродний потенціал композицій в дистильованій та водопровідній воді, що вказує на підвищення їх корозійної стійкості із збільшенням вмісту карбіду ніобію (табл. 1).

Таблиця 1
Залежність стаціонарного електродного потенціалу композицій Cu–NbC в дистильованій та водопровідній воді від вмісту NbC в конденсатах

Склад конденсату	Значення стаціонарного електродного потенціалу, В	
	дистильована вода	водопровідна вода
100 % Cu	0,213	0,120
Cu – 0,74 % NbC	0,217	0,125
Cu – 1,36 % NbC	0,225	0,133
Cu – 3,44 % NbC	0,232	0,149
Cu – 6,22 % NbC	0,242	0,168

Наведені в таблиці 1 дані добре узгоджуються з гравіметричними залежностями, отриманими в різних умовах випробувань (див. рис. 1).

Введення в мідь невеликих кількостей високодисперсного NbC призводить до утворення щільної безпорувої структури. Система Cu–NbC гетерогенна, з високим ступенем дисперсності зміцнюючої фази NbC, яка рівномірно розподілена в мідній матриці. Вивчення структури конденсатів Cu–NbC показало, що певна кількість високодисперсних частинок карбіду ніобію розподіляється по межах кристалітів міді і може виконувати захисні функції від корозії. При вмісті в конденсаті 0,74 мас.% NbC спостерігається дрібнокристалічна структура. Розмір зерна в середньому складає 3–4 мкм, в той час як розмір зерна для конденсатів чистої міді становить 35–40 мкм.

Добавки карбіду ніобію в невеликих кількостях при значному подрібненні зерна міді слабо перешкоджають перебігу корозійних процесів. Збільшення вмісту NbC від 0,74 до 1,34 % мас.% незначно впливає на подальше подрібнення зерна (розмір зерна міді становить 3–2 мкм) і протікання корозійних процесів в дистильованій воді в статичних умовах.

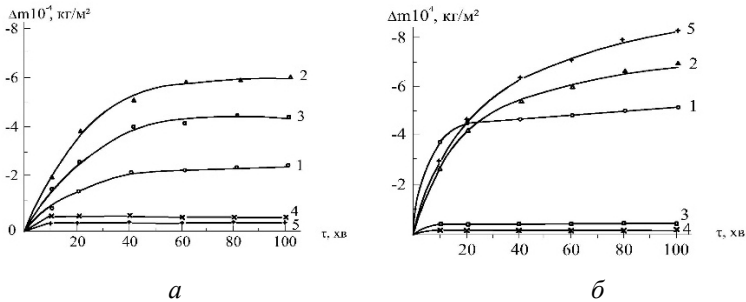


Рис. 1. Вплив вмісту карбиду ніобію в системі «Cu–NbC» на зменшення маси зразків при випробуванні в статичних умовах у дистильованій воді (а) і водопровідній (б):
1 – 100 % Cu; 2 – Cu – 0,76% NbC; 3 – Cu – 1,36 % NbC;
4 – Cu – 3,44 % NbC; 5 – Cu – 6,22 % NbC

При підвищенні концентрації карбиду ніобію до 6,22 % спостерігається незначне зменшення розмірів кристалів міді, в той же час кількість високодисперсних частинок карбиду ніобію, що розташовуються на міжкристалічних межах, збільшується майже в 5 разів, що підвищує корозійну стійкість конденсованих матеріалів Cu–NbC (рис. 1, криві 4, 5).

При вмісті NbC 0,74 мас. % в статичних умовах в дистильованій і водопровідній воді втрати маси найбільші. Це пояснюється тим, що карбиду ніобію в композиціях недостатньо для заповнення меж кристалів міді, які контактують з корозійним середовищем, у зв'язку з чим відбуваються корозійні процеси, які спричиняють зменшення маси композиційного матеріалу.

Карбід ніобію належить до числа матеріалів з високими міцністю і модулем пружності, але крихких за природою. Збільшення вмісту NbC до 6 мас.% призводять до значного окрихнення і незначного підвищення пористості конденсатів Cu–NbC і, як наслідок, до зниження їх стійкості під дією динамічного потоку, що й спостерігається у вигляді значного зменшення маси конденсатів у дистильованій і водопровідній воді в динамічному режимі. Для зразків всіх концентрацій в динамічних умовах відбувається більше зменшення маси порівняно зі статичними, що пов'язано з негативним впливом динамічних факторів на перебіг корозійних процесів. Наявність солей твердості в водопровідній воді обумовлює їх вплив на утворення продуктів корозії і сприяє зменшенню втрат маси зразків в статичних умовах порівняно з дистильованою водою. Композиції, що містять від

1,36 до 6,22 мас.% карбиду ніобію, зазнають незначних корозійних руйнувань в статичних умовах випробувань в водопровідній і дистильованій воді.

Дані хімічного аналізу корозійних середовищ також підтверджують висновок про досить високу корозійну стійкість конденсатів Cu–NbC (табл. 2). Показано, що вміст іонів міді і ніобію після статичних випробувань в водопровідній і дистильованій воді незначно зменшується при збільшенні в конденсатах концентрації карбиду ніобію до 6,22 %мас. Іони Cu^{2+} і Nb^{V+} , що перейшли в розчин, підвищують питому електропровідність середовища.

Таблиця 2

**Хімічний аналіз корозійних середовищ
після проведення випробувань конденсатів Cu–NbC**

Режим випробувань	Склад конденсату	Cu^{2+} , мг/л	Nb^{V+} , мг/л	pH	κ , См/м
Дистильована вода	До випробувань	0,06	0,01	6,81	$6,24 \cdot 10^{-4}$
	100 % Cu	0,121	0,01	6,80	$9,34 \cdot 10^{-4}$
	Cu – 0,74 % NbC	0,132	0,09	6,64	$9,42 \cdot 10^{-4}$
	Cu – 1,36 % NbC	0,119	0,10	6,71	$9,13 \cdot 10^{-4}$
	Cu – 3,44 % NbC	0,116	0,09	6,70	$9,18 \cdot 10^{-4}$
	Cu – 6,22 % NbC	0,100	0,19	6,74	$9,01 \cdot 10^{-4}$
Водопровідна вода	До випробувань	0,094	0,01	7,82	$56,45 \cdot 10^{-3}$
	100 % Cu	0,113	0,012	7,78	$56,72 \cdot 10^{-3}$
	Cu – 0,74 % NbC	0,122	0,06	7,71	$56,91 \cdot 10^{-3}$
	Cu – 1,36 % NbC	0,091	0,07	7,80	$56,35 \cdot 10^{-3}$
	Cu – 3,44 % NbC	0,073	0,08	7,95	$56,87 \cdot 10^{-3}$
	Cu – 6,22 % NbC	0,098	0,09	7,89	$55,72 \cdot 10^{-3}$

Після динамічних випробувань у водопровідній і дистильованій воді вміст в корозійних середовищах іонів міді і ніобію зростає при збільшенні концентрації NbC до 6,22 % мас. Також спостерігається деяке збільшення лужності корозійних середовищ в динамічному режимі, що пов'язано з додатковою їх аерацією киснем повітря.

Визначення електричного опору поверхні зразків у процесі корозійних випробувань показало близькість значень для всіх складів конденсатів Cu–NbC і зразків конденсованої чистої міді. Це дозволяє зробити висновок, що в разі конденсатів Cu–NbC склад продуктів корозії аналогічний складу плівок, що утворюються при корозії конденсованої чистої міді.

Загальний характер корозії і рівномірний її розподіл по поверхні зразків дозволяє зробити розрахунки вагових та глибинних

показників корозії. Ваговий і глибинний показники корозії в значній мірі залежать від режиму корозійних випробувань. У статичному режимі найбільшу корозійну стійкість в водопровідній і дистильованій воді мають конденсати, що містять 3,44–6,22 % NbC. Для динамічного режиму найбільш перспективними в корозійному відношенні є конденсати з невеликими добавками NbC (0,74–1,36), що пояснюється окрихненням і пористістю конденсатів Cu–NbC з великим вмістом NbC і їх руйнуванням при механічному впливі рухливого середовища.

Література

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, 56 (1), 2017, P. 113–121.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ МАГНІТНОЇ ФРАКЦІЇ В РЕЧОВИНАХ

Бідюк В. Д.

Хмельницький національний університет

Збагачення руд чорних металів та відновлення магнетитових концентратів ставить актуальним завдання визначення вмісту заліза в кінцевому продукті. Для вирішення цієї задачі застосовують різні методи. Досить поширений хімічний метод, який є найбільш точним, але тривалий за часом, що створює певні проблеми при керуванні технологічними процесами. Для експресного контролю вмісту заліза застосовують методи, основані на вимірюванні фізичних параметрів проб, до яких належать і магнітні властивості контрольованого матеріалу.

Існуючі в даний час магнітометричні прилади умовно можна поділити на дві групи. Принцип дії першої групи базується на взаємодії проби з слабким магнітним полем і вимірювання проводяться на змінному струмі. Вихідним сигналом є електрорушійна сила датчика, яка залежить від магнітних властивостей проби. В другій групі використовується взаємодія зразка з сильним магнітним полем. Створюється таке поле в зазорах електромагніту на постійному струмі, або за допомогою постійних магнітів. Вихідними параметром є сила взаємодії зразка з магнітним полем.