

Проблеми матеріалознавства

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ КОНДЕНСАТІВ Cu–Ni, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОГО ВИПАРОВУВАННЯ-КОНДЕНСАЦІЇ

Гречанюк В. Г¹., Шаповалов В. О.²

¹Київський національний університет будівництва та архітектури,
просп. Повітряних Сил, 31, 03037, Київ, Україна

²Інститут електрозварювання ім. С.О.Патона НАНУ,
вул. Казимира Малевича, 11, 03650 Київ, Україна

***Анотація.** У роботі показано підготовку процесу конденсації злиwkів нікелю і міді. Обумовлено вибір легуючих елементів у вигляді сплаву Zr–Y, що передбачає його здатність прискорювати швидкість випаровування міді. Показано, що технологічному етапу отримання конденсату передували вибір за складом і властивостями матеріалу CaF₂ для виготовлення з нього розділового шару на підкладці. Досліджено морфологічні типи структури розділового шару й металографію основних етапів структуроутворення конденсатів.*

***Ключові слова:** конденсати Cu–Ni, структура, процес конденсації.*

Градiєнтні конденсати в подвійних системах Cu–Ni отримали методом електронно-променевого випаровування-конденсації [1, 2].

Вихідною речовиною за умов виготовлення конденсатів Cu–Ni слугувала мідь в зливках, діаметром 100 мм, довжиною до 40 мм, які після вакуумного дугового переплаву піддавали проточуванню на чистовий розмір діаметром 98,5 мм ± 0,1 мм. Нікель діаметром 70 мм і довжиною до 250 мм використовували після електродугового переплаву в секційному водоохолоджувальному кристалізаторі в середовищі очищеного аргону. Отримані зливки нікелю проточували до діаметра 68 мм ± 0,1 мм, що виключало їх заклинювання в тиглі в умовах випаровування.

При підготовці процесу конденсації зливки нікелю і міді додатково засвердлювали для розміщення наважок легуючих елементів. Останні використовували у вигляді обезжиреної та висушеної стружки сплаву Zr–Y.

Вибір легуючих елементів передбачав їх здатність прискорювати швидкість випаровування міді. Цирконій спроможний підвищити швидкість випаровування в 2 рази. Разом з ітрієм вони сприяють утворенню ванни-посередника, що складається переважно з мідь-цирконій-ітрієвої матриці евтектичного складу і анізотропних частинок сполуки $ZrCu_4$, що досягають довжини рівної глибини ванни (рис. 1).

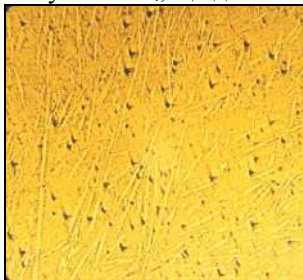


Рис. 1. Анізотропна структура ванни-посередника складу $(Cu-Zr-Y)-ZrCu_5$

Така природа і морфологія структурних складових забезпечують швидкість випаровування 40–60 мкм/хв.

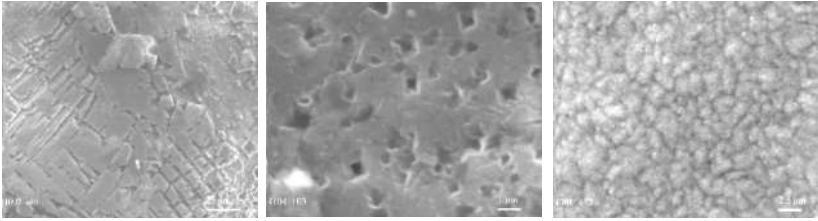
Підкладку для конденсату виготовляли із Ст3, її розміри: діаметр 800–1000 мм, товщина – 20 мм. Поверхню підкладки, на яку здійснюється осадження, піддавали фрезеруванню та шліфуванню до отримання шорсткості $Ra = 0,63$.

Технологічному етапу отримання конденсату передували вибір за складом і властивостями матеріалу та виготовлення з нього розділового шару на підкладці.

За умов отримання конденсованих КМ раніше в якості розділового шару використовували діоксид цирконію, стабілізований оксидом ітрію. Від такого за складом розділового шару відмовились через його руйнування при механічному відділенні і небажані залишки на поверхні конденсату, які унеможлилювали виготовлення з нього контакт деталей – паянням.

Аналіз з цього приводу інших сполук з такими характеристиками як термодинамічна стабільність ($\Delta G_{298} = 1162,4$ кДж/моль); достатній рівень температури плавлення (1400 °С); розчинність в гарячій воді; низка вартість, засвідчив, що найбільш прийнятним є фторид кальцію CaF_2 . У зв'язку з цим, отримання конденсату в цій роботі відбувалося за умов попереднього нанесення цієї сполуки на підкладку із Ст3, з шорсткістю $Ra = 0,63$, нагріту до 700 °С.

Фторид кальцію CaF_2 наносили випаровуванням із лунки, яку засвердлювали в перетині нікелевого електроду. В залежності від умов взаємодії в системі $Ni-Cu-CaF_2$ – середовище спостерігаються різні морфологічні типи структури розділового шару, що виявляються при механічному відділенні конденсатів. Встановлено, що основним з них є плівки з кристало-хімічними особливостями твердіння складових сплаву (рис. 2, а), тонкий шар композиційного матеріалу $Ni-CaF_2$ без ознак міжфазної взаємодії (рис. 2, б), осад наночастинкового металевого парового потоку (рис. 2, в).



a

б

в

**Рис. 2. Морфологічні типи структури розділового шару:
a – закристалізована плівка; *б* – шар матеріалу Ni–CaF₂;
в – наночастинковий осад**

Через різноманітність рельєфу і дисперсності такого шару однорідність технологічного шару забезпечували нанесенням з парового потоку нанодисперсного шару міді (див. рис. 2, *в*).

За умов неконтрольованого зародження і руху тріщин вздовж межі підкладка – розділовий шар – конденсат уможливується спостереження особливостей формування структури конденсату в паровому потоці його складових (рис. 3).

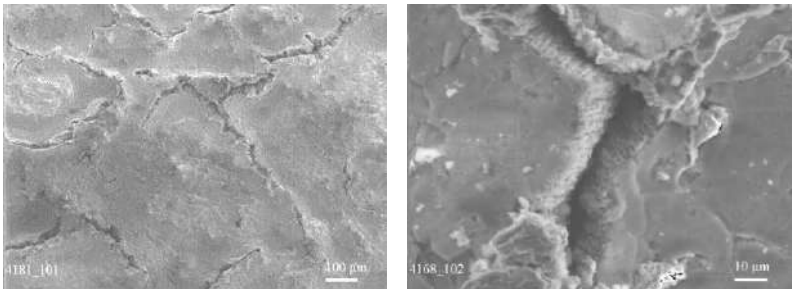


Рис. 3. Морфологія поверхні агрегатів з оплавленими поверхнями та кристалізаційними тріщинами

Це формування починається з закріплення на поверхні розділового шару з боку ванни-випарника зародкових частинок сферичної або сфероїдальної форми субмікронних розмірів (рис. 4, *a*), утворення на них волокнинок, дендритоподібних волокон, що зростають і об'єднуються в стовпці, агрегати (рис. 4, *б, в*). Ці стовпці можуть зростати в межах товщини конденсату або її окремих ділянок (рис. 4, *в*).

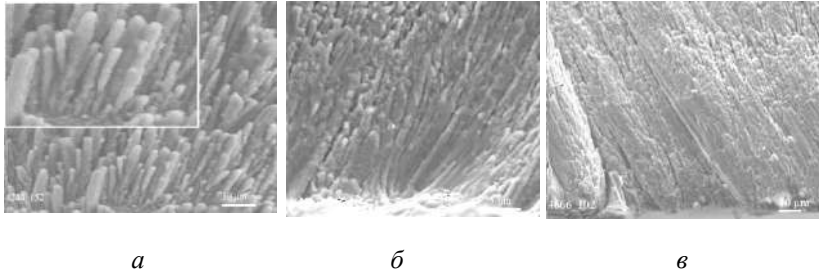


Рис. 4. Металографія основних етапів структуроутворення конденсатів:
a – одновісні волокна на зародкових частинках;
б – дендрітоподібні волокна на частинках; *в* – стовпці в конденсаті

Література

1. Grechanyuk, N. I., Kucherenko, P. P., Melnik, A. G., ... Grechanyuk, V. G., Manulyk, A. New Electron-Beam Equipment and Technologies for the Production of Advanced Materials Using Vacuum Melting and Evaporation Methods Developed at SPE [“Eletekhmach”] / Minerals, Metals and Materials Series, 2019, pp. 105–113.
2. Grechanyuk N. I. Baglyuk G. A., Kucherenko P. P., Melnik A. G., Grechanyuk I. N., Grechanyuk 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.

СТРУКТУРА ТУГОПЛАВКИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ТИТАНУ, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОГО ВИПАРОВУВАННЯ-КОНДЕНСАЦІЇ

Маценко О. В.¹, Гречанюк І. М.²

Київський національний університет будівництва і архітектури
E-mail: ¹ardna@ukr.net, ²hrechaniuk.im@knuba.edu.ua

Анотація. Отримано конденсати тугоплавких сполук на основі боридів титану прямим випаровуванням при низькій і високій швидкостях осадження методом електронно-променевого випаровування-конденсації. Показано, що при низьких температурах конденсації мікроструктура конденсатів має куполоподібну морфологію, яка із збільшенням темпе-