

**Р. А. Сергієнко<sup>1</sup>, А. М. Верховлюк<sup>1</sup>, Г. А. Гранкін<sup>2</sup>, С. О. Лапшин<sup>2</sup>,  
А. В. Поліщук<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ

<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів та природокористування України, м. Київ,

Тел./факс.: 0444529736, e-mail: [rsruslan17@gmail.com](mailto:rsruslan17@gmail.com)

## **ОТРИМАННЯ НАНОЧАСТОК КАРБІДІВ ВОЛЬФРАМУ ТА ТИТАНУ ПЛАЗМОВИМ РОЗРЯДОМ**

Розроблено технологічні режими отримання карбідів титану TiC та високотемпературних карбідів вольфраму з кубічною WC<sub>1-x</sub> і гексагональною W<sub>2</sub>C структурами методом плазмового розряду в ультразвуковому кавітаційному полі органічної рідини. Низьковольтний плазмовий розряд між електродами ініціювався в органічній рідині (етиловий спирт або бензол) завдяки збільшенню електричної провідності рідини в ультразвуковому полі. Ультразвуковий генератор (Nissei, US-600NCVP) потужністю 600 Вт і титановий акустичний хвилевід діаметром 18 мм, який працював на частоті ультразвукових коливань 20 кГц, використовували в експериментах з органічною рідиною. Напруга на електродах підтримувалась 55 В, а верхня межа струму була встановлена на рівні 1,58 А за допомогою регульованого джерела живлення (PAS 60-18, Kikusui Electronics Corp. Japan). Експеримент продовжувався одну годину. При відключенні ультразвукового генератора плазмовий розряд із малою електричною потужністю (55 В×1,58 А = 86,9 Вт) не спостерігався. Під час випаровування титанового або вольфрамового аноду і розкладання органічної рідини в плазмовому розряді утворювались частинки карбідів титану або вольфраму, які гартувались в рідкому середовищі. Результати дослідження частинок за допомогою електронної мікроскопії та рентгеноструктурного аналізу показали, що формування карбідів титану TiC та нестабільних високотемпературних карбідів вольфраму WC<sub>1-x</sub> і W<sub>2</sub>C відбувається в процесі гартування наночастинок в рідині. При нагріві до температури 1173 К, а потім охолодженні нестабільних фаз WC<sub>1-x</sub> і W<sub>2</sub>C в атмосфері аргону вони трансформуються в стабільний карбід вольфраму WC.

Високороздільні зображення, які було отримано за допомогою просвічувального електронного мікроскопу, дозволили виявити вуглецеві оболонки, які мають графітову структуру, навколо карбідних ядер (рис.1). Виявлено, що число покривних графенових шарів суттєво залежить від розміру частинок. Деякі вуглецеві

нанокапсули діаметром понад 230 нм після відпалювання були покриті графітовими оболонками з товщиною до 40 нм. Маленькі агломеровані ядра карбідів вольфраму розміром менше 15 нм були ізольовані між собою декількома графітовими шарами.

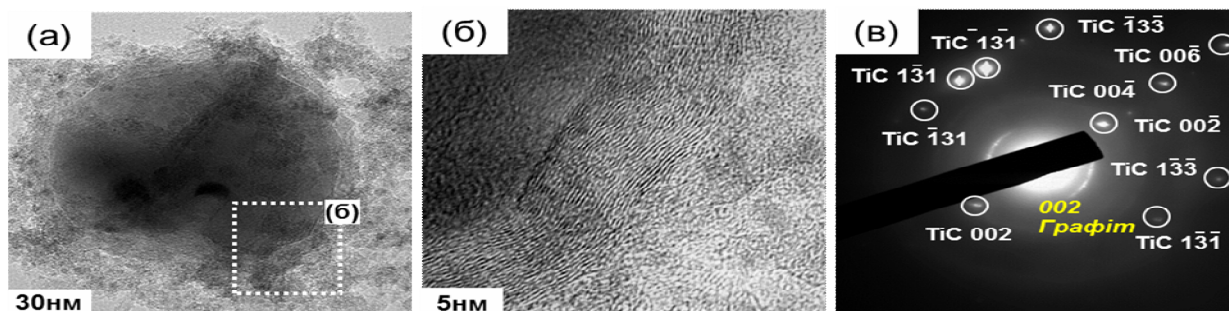


Рис. 1 (а), (б) Електронна мікрофотографія нанокапсули з TiC ядром, вкритим вуглецевою оболонкою; (в) електронна дифрактограма частинки, яка зображена на мікрофотографії (а).

Можна передбачити, що графітові елементи, які покривають карбідні наночастинки, будуть виступати твердим мастилом, а ядра вуглецевих нанокапсул високотвердою армуючою фазою в композиційних матеріалах, а сам матеріал мати високу зносостійкість [1]. Вуглецеві нанокапсули з карбідними ядрами можуть бути використані в якості модифікуючих добавок для алюмінієвих сплавів. Можна припустити, що карбіди TiC, WC<sub>1-x</sub> повинні ефективно подрібнювати зерно алюмінієвих сплавів. Параметри решітки WC<sub>1-x</sub> (a = 4,235 Å), TiC (a = 4,327 Å) близькі до параметру решітки алюмінію (a = 4,049 Å). Гексагональний карбід вольфраму WC, як модифікатор малоефективний, але ця модифікація вольфраму широко використовується в промисловості [2].

### Список літератури

1. Сергієнко Р. А., Верховлюк А. М. Наночастинки карбідів вольфраму – перспективний матеріал для модифікування і армування // *Металознавство та обробка металів*. – 2013. – № 4. – С. 51-58.
2. Yoshinobu N. Influence of carbides on the properties of aluminum and its alloys. Effects of TiC, TiC-WC, TaC-WC and WC on refining of the grain size of pure aluminum. // *J. Jap. Inst. Light Metals* – 1967. – Vol. 17. – № 2. – P. 65–75.