

**Упатов М.І., Єфіменко М.Ю., Богомол Ю.І.**

*(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)*

**СПРЯМОВАНО ЗАКРИСТАЛІЗОВАНИЙ ТРИФАЗНИЙ  
ЕВТЕКТИЧНИЙ КОМПОЗИТ СИСТЕМИ  $B_4C-TaB_2-SiC$**

**E-mail:** nikitaupatov@gmail.com

Завдяки високому ковалентному зв'язку, карбід бору використовується в багатьох областях, а саме де потрібна висока міцність, твердість та тріщиностійкість при температурах використання до 2000 °С [1].

За допомогою кількісного металографічного аналізу евтектичних ділянок вдалося ідентифікувати орієнтовний склад потрібної евтектики:  $B_4C - (8-10)TaB_2 - (38-42) SiC$  (мол. %) [2, 3]. Таким чином, метою даної роботи стало отримання спрямовано закристалізованого сплаву системи  $B_4C-TaB_2-SiC$  з рівномірною дрібнозернистою евтектичною структурою вздовж всього зразка.

В якості досліджуваного матеріалу був обраний композит  $B_4C-8TaB_2-40SiC$  (мол. %). Спрямовано кристалізований композит був отриманий методом безтигельної зонної плавки неспечених порошкових пресовок. В ролі пластифікатора виступав полівініловий спирт у вигляді 2,5%-го водного розчину. В якості вихідних матеріалів використовувались дрібнодисперсні порошки  $B_4C$ ,  $TaB_2$  та  $SiC$ . Пресування стрижнів здійснювалося гідравлічним пресом в розбірній прес-формі при навантаженні 100 МПа.

Дослідження мікроструктури проводилось на растровому електронному мікроскопі «SELMІ РЕМ 106И». Дослідження фазового складу проводились на установці «Rigaku Ultima IV». Елементний аналіз проводився методом дисперсної рентгенівської спектроскопії за довжиною хвилі (WDS) на рентгеноспектральному мікроаналізаторі JXA-8530F (Jeol, Japan).

Рентгенофазовий аналіз показав наявність наступних фаз: карбиду кремнію ( $SiC$ ), карбиду бору ( $B_4C$ ) та дибориду танталу ( $TaB_2$ ), жодних інших фаз не виявлено. Анізотропія структури композиту, отриманого методом спрямованої кристалізації, пояснює відмінність отриманих дифрактограмм.

Наявність чітко виражених піків  $TaB_2$  говорить про текстурованість матеріалу. Для поздовжнього перерізу спостерігається текстурування  $TaB_2$  у напрямку площин (001) та (101), тоді як у поперечному перерізі у напрямку площин (100), що нормально для композитів системи  $B_4C-MeB_2-SiC$  [1, 4].

Для підтвердження результатів рентгенофазового дослідження, було проведено елементний аналіз (WDS). Задля виявлення фаз, що складають мікроструктуру композиту, застосовано зворотно розсіяне електронне зображення (CP) з розподілом елементів. Так як рентгенографічним чином не виявлено жодної міжфазної взаємодії, індефікуємо фазу  $B_4C$ ,  $TaB_2$  та  $SiC$  як чорну, білу та сіру відповідно.

Структура композиту  $B_4C-8TaB_2-40SiC$  характеризується рівномірним розподілом трифазної евтектики  $B_4C-TaB_2-SiC$  по всьому об'єму зразка, як в поперечному так і в поздовжньому напрямку. Трифазна евтектика представлена як ламелярною, так і пластинчастою структурою. Матрицею виступає карбід бору ( $B_4C$  – чорна фаза) з рівномірно розподіленими вкрапленнями карбиду кремнію ( $SiC$  – сірого кольору), в яких розміщена фаза дибориду танталу ( $TaB_2$  – білого кольору). Розмір евтектичного домену в трифазній евтектиці становить близько 9 мкм. Розмір фази  $TaB_2$  знаходиться в межах 1-2 мкм,  $SiC$  – 2-3 мкм та  $B_4C$  – 3-6 мкм. В напрямку кристалізації спостерігається направленість структури, що пояснюється методом отримання композиту.

Отримано трифазний композит системи  $B_4C-TaB_2-SiC$  з рівномірно розподіленою трифазною евтектичною структурою по всьому об'єму зразка. Матрицею являється карбід бору, а в ролі армувальних фаз використано  $SiC$  та  $TaB_2$ . Розмір евтектичного домену становить близько 9 мкм.

#### Література:

1. R. Tu, N. Li, Q. Li, S. Zhang, L. Zhang, T. Goto. Microstructure and mechanical properties of  $B_4C-HfB_2-SiC$  ternary eutectic composites prepared by

arc melting, *J. Eur. Ceram. Soc.*, 2016, vol. 36, no. 4, pp. 959-966.

DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2015.11.044>

2. M. I. Upatov, E. R. Abdullaieva, V. V. Bolbut, Yu. I. Bogomol. Structure and Properties of Directionally Solidified Alloy of  $B_4C-TaB_2-SiC$  System, *Metallofiz. Noveishie Tekhnol.*, 2020, vol. 42, no. 12, pp. 1701-1713.

DOI: <https://doi.org/10.15407/mfint.42.12.1701>

3. M. Upatov, Y.M. Koval, I. Bogomol. Microstructure of  $B_4C-TaB_2-SiC$  ternary eutectic composites, HighMathTech 2019, Kyiv, Ukraine, 28-30 octobere 2019: Book of Abstracts – Kyiv, 2019, pp. 75.

4. M. Upatov, J. Vleugel, Y. Koval, V. Bolbut, I. Bogomol, Microstructure and mechanical properties of  $B_4C-NbB_2-SiC$  ternary eutectic composites by a crucible-free zone melting method, *J. Eur. Ceram. Soc.*, 2021, vol. 41, no. 2, pp. 1189-1196. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2020.09.049>

**Упатов М.І., Єфіменко М.Ю., Богомол Ю.І.**

*(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)*

**МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕВТЕКТИЧНОГО  
КОМПОЗИТУ СИСТЕМИ  $B_4C-TaB_2-SiC$**

**E-mail: [nikitaupatov@gmail.com](mailto:nikitaupatov@gmail.com)**

Спрямовано закристалізовані евтектичні композити на основі карбіду бору привертають увагу завдяки високій міцності, тріщиностійкості, а також повзучості. Навіть при високих температурах дані матеріали зберігають свої властивості [1]. Таким чином, композити системи  $B_4C-MeB_2-SiC$  являються перспективними та цікавими для дослідження конструкційними матеріалами. Основною метою даної роботи є отримання евтектичного композиту системи  $B_4C-TaB_2-SiC$  та дослідження його фізико-механічних властивостей.

Було приготовлено порошкові суміші складу  $B_4C-8TaB_2-40SiC$  (мол. %). Одержання зразків відбувалось за допомогою методу безтигельного зонного плавлення неспечених порошкових пресовок [2]. Мікроструктура композитів досліджувалась за допомогою сканувального електронного мікроскопа «SELMІ PEM 106И».