

Рис. 1. Розподіл мікротвердості по товщині стінки зразка, вирізаного з ТВЕЛЬНОЇ трубки сплаву Zr-1% Nb, після обробки за режимом: а – R0; б– R1; в – R2; г – R3; д – R4

**Висновок:** Експериментально виявлено, що хіміко-термічна обробка в азотовмісному та кисневмісному газовому середовищах впливає на твердість зовнішньої поверхні зразка, вирізаного з ТВЕЛЬНОЇ трубки зі сплаву Zr-1% Nb.

**Упатов М.І., Коваль Я.М., Богомол Ю.І.**

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

### СТРУКТУРА СПЛАВІВ СИСТЕМИ $\text{W}_4\text{C}-\text{NbB}_2-\text{SiC}$ У ЕВТЕКТИЧНІЙ ОБЛАСТІ

E-mail: nikitaupatov@gmail.com

Завдяки поєднанню властивостей карбіду бору  $\text{W}_4\text{C}$  з високою твердістю, високою хімічною стійкістю, низькою густиною [1] з диборидом ніобію ( $\text{NbB}_2$ ) – який має високу температуру плавлення ( $\sim 3050$  °C), високу твердість (21 ГПа) [2] та карбідом кремнію SiC з відмінною окисною стійкістю та високотемпературною міцністю [3], можна отримати композит для використання останнього у високотемпературних вузлах технологічних установок.

В роботі [4] авторами був отриманий композит  $32\text{W}_4\text{C} - 30\text{NbB}_2 - 38\text{SiC}$  (мол. %), який показав наявність в структурі трифазної евтектики. Як відомо від досконалості структури залежать фізико-механічні властивості спрямовано закрісталізованих композитів, в нашому випадку від точності визначення евтектичного складу.

Отже дана робота присвячена дослідженню нової потрійної евтектичної системи на основі безкисневих тугоплавких сполук:  $V_4C-NbB_2-SiC$ . З метою оптимізації визначення точного евтектичного складу було виготовлено зразки методом безтигельної зонної плавки наступного складу (мол. %) (рис. 1).

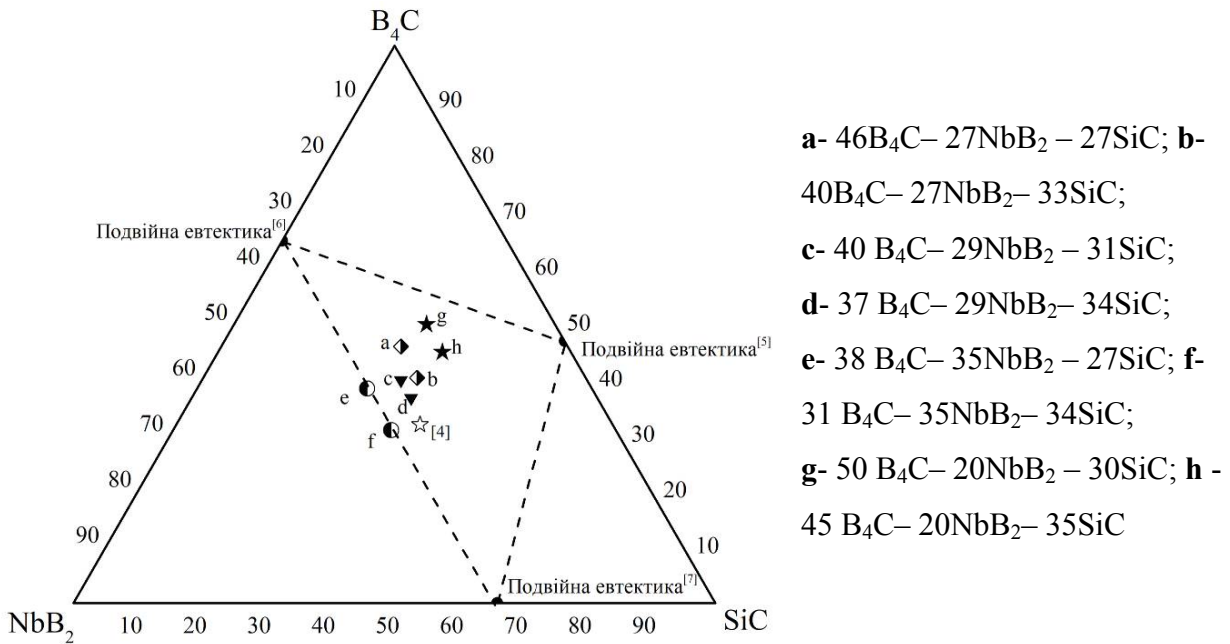


Рис. 1. Фазова діаграма  $V_4C-NbB_2-SiC$

Дослідження структури зразка «а» показало наявність великої кількості трифазної евтектики  $V_4C-NbB_2-SiC$  (TE) в якій рівномірно розташовуються великі дендрити двофазної евтектики  $NbB_2-SiC$  (BE1) у незначній кількості та наявні окремі великі скупчення зерен  $NbB_2$  здебільше навколо утворених пор. Зразок «б» має меншу кількість ділянок TE, причому вагома частка з яких знаходиться навколо периферії зразка, що може бути зумовлено більшою швидкістю кристалізації на даних ділянках. Області TE пронизані великими дендритами BE1 проте їх кількість значно більша в порівнянні зі зразком «а», великі скупчення зерен  $NbB_2$  також присутні.

Структура зразка «с» характеризується наявністю рівномірно розподілених ділянок TE навколо яких розташовується великі дендрити BE1 у значній кількості. Для зразка «d» присутній характерний розподіл структури на дві частини. Одна з них складається з великої кількості ділянок TE пронизаних невеликими дендритами  $NbB_2$ . Інша частина характеризується здебільше наявністю великої кількості зерен  $NbB_2$ , що може свідчити про нерівномірний розподіл компонентів.

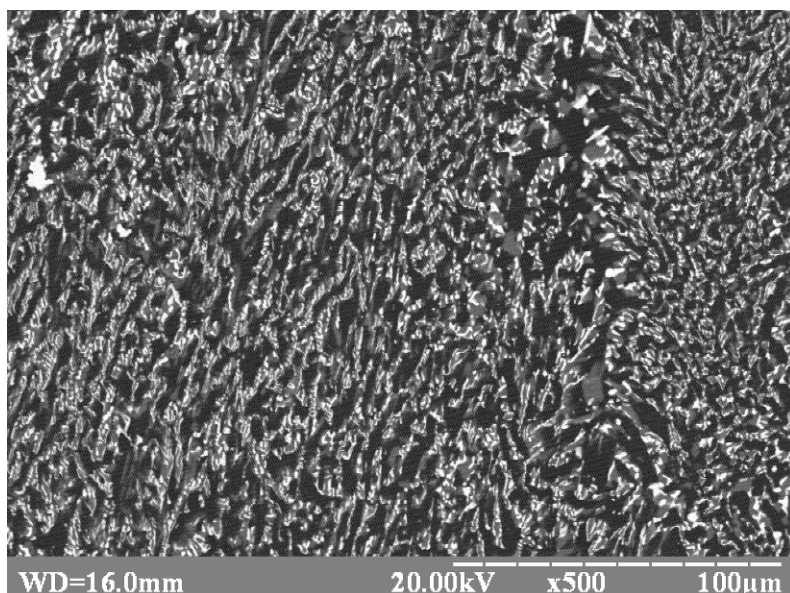


Рис. 2. Трифазна евтектика  $V_4C-NbB_2-SiC$  (зразок h) навколо яких у невеликій кількості розташована трифазна евтектика. Для зразків «e» та «f» очевидно завищений вміст  $NbB_2$ .

Для зразка «g» характерна наявність ТЕ рівномірно розподіленої по всьому об'єму зразка, пронизаної невеликою кількістю великих дендритів  $NbB_2$  та  $VE_1$ . Зразок «h» має велику кількість ділянок ТЕ вільних від присутності інших структурних утворень, проте також присутні ділянки скупчення зерен  $NbB_2$ .

Структура евтектичних ділянок всіх досліджуваних зразків складається з матриці  $V_4C$  (темна фаза) з рівномірно розподілені по всьому об'єму включеннями карбиду кремнію  $SiC$  (світло сіра фаза) та дибориду ніобію  $NbB_2$  (світла фаза), рис. 2.

За допомогою кількісного металографічного аналізу евтектичних ділянок було виявлено оптимальний об'ємний вміст фаз у трифазній евтектиці: 58  $V_4C$  – 17  $NbB_2$  – 25  $SiC$  (об. %).

**Висновок:** досліджена структура зразків системи  $V_4C-NbB_2-SiC$ , звужена область пошуку точного евтектичного складу системи, що дає можливість одержання спрямовано закристалізованих композитів з регулярною евтектичною структурою.

#### Література:

1. Пилянкевич А.Н. Бора карбиды. Химическая энциклопедия / А.Н. Пилянкевич. – Под. ред. Кнунянц И.Л. – М.: 1988. – 623 с.
2. High temperature hardness and slip system of  $NbB_2$  and  $TaB_2$  single crystals / K.Nakano, K. Nakamura, T. Okubo, T. Sugimura. // J. of The Less-Common Met. – 1982. – №84. – С. 79–85.

3. Lane J.E. Kinetic sand Mechanisms of High Temperature Creep in Silicon Carbide: III, Sintered  $\alpha$  Silicon Carbide / J. E. Lane, C. H. Carter, R. F. Davis. // J. Am. Ceram. Soc. – 1988. – №71. – С. 281–295.

4. Упатов. М.І. Структури та властивості композиту  $32B_4C - 30NbB_2 - 38SiC$  / Упатов М.І., Богомол Ю.І., Абдулаєва Е.Р. // Міжнародна наукова конференція «Матеріали для роботи в екстремальних умовах – 8», 6-7 грудня 2018 р.: тези доп. – К., 2018. – с. 108-110.

5. Akashi T. Characterization of directionally solidified  $B_4C-TiB_2$  and  $B_4C-SiC$  eutectic composites prepared by floating-zonemethod / T. Akashi, I. Gunjishima, T. Goto. // KeyEng. Mater. – 2002. – №247. – С. 209–212.

6. Demirskiy D. Insitu fabrication of  $B_4C-NbB_2$  eutectic composites by spark-plasma sintering / D. Demirskiy, Y. Sakka. // J. Am. Ceram. Soc.. – 2014. – №97. – С. 2376–2378.

7. Demirskiy D. Mechanical properties of  $SiC-NbB_2$  eutectic composites by insitu spark plasma sintering / D. Demirskiy, O. Vasylykiv. // Ceram. Int.. – 2016. – №42. – С. 19372–19385.

**Федоров М.М.**

*(ДДМА, м. Краматорськ)*

**ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВИРОБНИЦТВА БЕНТОНІТОВИХ  
КОМПЛЕКСНИХ ЗВ'ЯЗУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЛИВАРНОГО  
ВИРОБНИЦТВА**

**E-mail: fyodorov@ukr.net**

Окремі природні різновиди бентонітових глин, у тому числі деякі кальцієві бентоніти вітчизняних родовищ, дещо повільно «засвоюють» вологу в процесі сумішопріготування, навіть за умов використання самого передового змішувального обладнання. Завдяки цьому піщано-бентонітова формувальна суміш досягає необхідних значень технологічних властивостей (міцності, здатності до формування та текучості) за більш тривалий відрізок часу. Якщо даний фактор інертності окремих різновидів бентонітових глин залишати без уваги, то, в кінцевому рахунку, виробнича формувальна суміш не буде відповідати нормативним значенням за більшістю показників технологічних властивостей, що є неприпустимим для високопродуктивного ливарного виробництва на лініях автоматичного формування за сучасною технологією сейатцу-процесу. При цьому результати вхідного лабораторного контролю для таких різновидів бентопорошків будуть повністю відповідати вимогам діючих стандартів та нормативів.

В якості основної мети даної роботи було прийнято експериментальне дослідження фізико-механічної активації перспективних зразків бентонітових глин вітчизняних родо-