

Структура та властивості композиту V_4C-ZrV_2 , отриманого методом іскро-плазмового спікання.

**студ. Є. О. Козловець, д.т.н., проф.. П. І. Лобода, к.т.н.,
асистент Є. В. Солодкий.**

АКТУАЛЬНІСТЬ

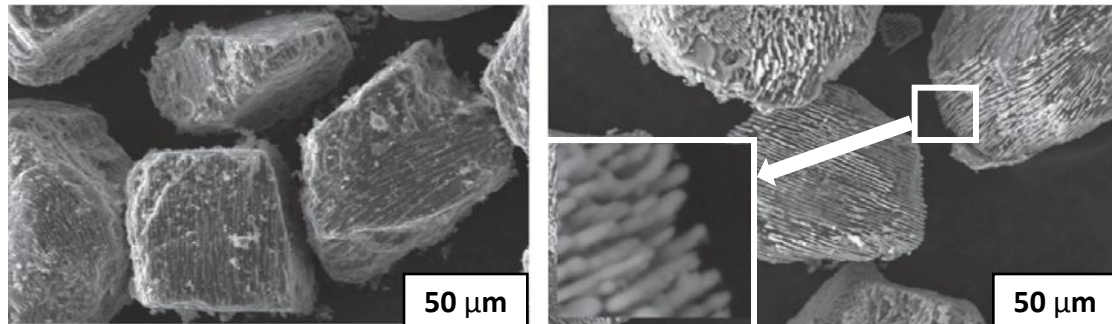
Застосування карбиду бору

- бронезахист
- абразивний матеріал
- високотемпературні конструкційні елементи
- елементи контролю у атомних реакторах

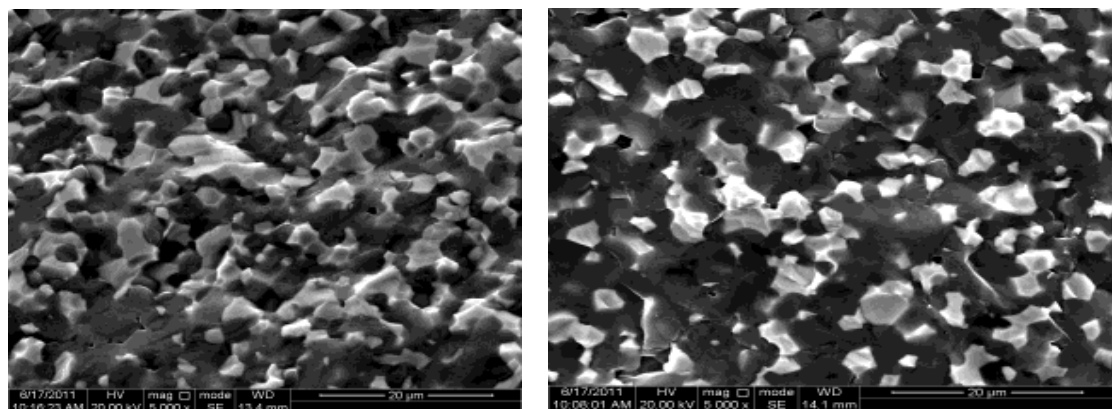


Армування кераміки на основі карбіду бору

- армування карбіду бору дозволяє збільшити його тріщиностійкість та покращити механічні властивості.
- часто для армування карбіду бору застосовують волокна інших матеріалів – наприклад TiB_2 , SiC , C , ZrB_2 та ін.
- були проведені дослідження армування карбіду бору волокнами дибориду титану та дисперсними частинками дибориду цирконію при умовах гарячого пресування [1, 2]. Тріщиностійкість зразків зростає у двічі.



Структура композиту $\text{B}_4\text{C}-(\text{B}_4\text{C}-\text{TiB}_2)$

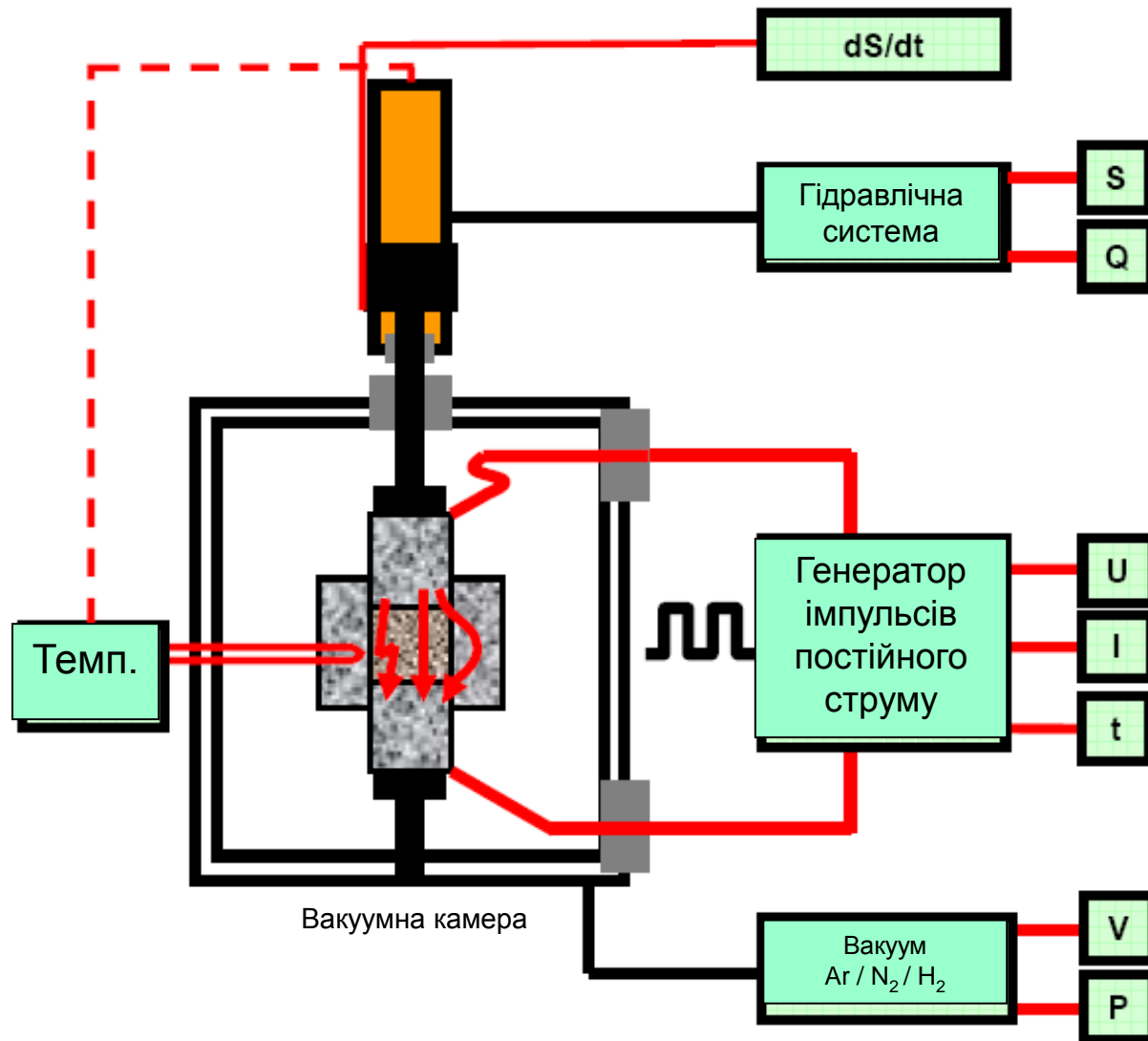


Структура композиту $\text{B}_4\text{C}-\text{ZrB}_2$

[1] – Bogomo I. A dense and tough ($\text{B}_4\text{C}-\text{TiB}_2$)- B_4C 'composite within a composite' Produced by spark plasma sintering / I. Bogomo I., H. Borodianska, T. Zhao, T. Nishimura, Y. Sakka, P. Loboda and O. Vasylyuk // Scripta Materialia 71 (2014) 17–20 – p. 18-19.;

[2] – Wenbo H. Microstructure and Properties of $\text{B}_4\text{C}-\text{ZrB}_2$ Ceramic Composites / Han Wenbo, Gao Jiaying, Zhang Jihong, Yu Jiliang // International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume 3, Issue 1, July 2013 – p. 163 – 165.

Іскро-плазмове спікання



Переваги методу ІПС:

- висока швидкість нагрівання та малий час витримки дозволяють значно скоротити час операції спікання та уникнути зміну внутрішньої структури ущільнюваного матеріалу;
- програмуємий генератор імпульсного постійного струму дозволяє точно контролювати параметри спікання та підлаштовуватися під властивості матеріалу що спікається;
- електричні іскри, що виникають між поверхнями частинок порошків під час спікання, додатково активують поверхню порошків та полегшують проходження процесів дифузії, що дозволяє застосовувати нижчі температури під час спікання;

Мета роботи

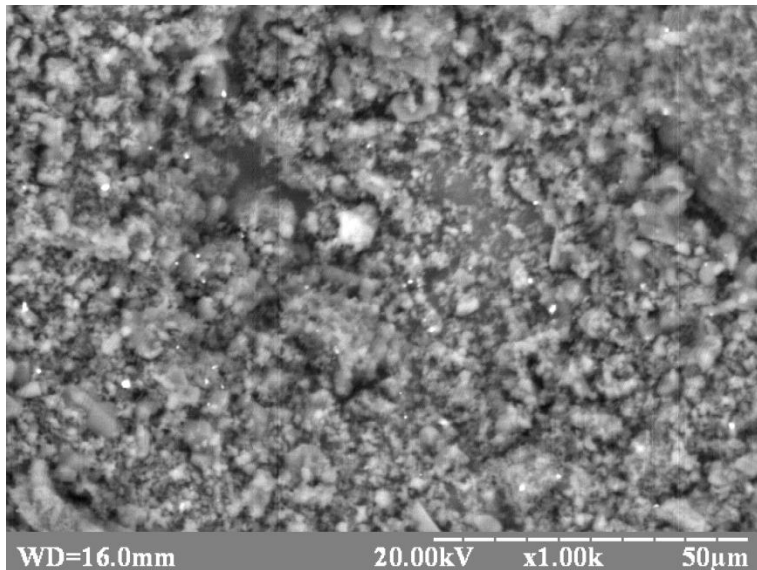
Дослідження впливу армування волокнами дибориду цирконію кераміки на основі карбіду бору на її структуру, фазовий склад та фізико-механічні властивості під час консолідації в умовах іскро-плазмового спікання.

Завдання

- отримати високощільні керамічні композити $B_4C-xZrB_2$ ($x=10-20$ мас%) методом іскро-плазмового спікання;
- дослідити зміну мікроструктури отриманої кераміки в залежності від вихідних концентрацій фаз та методики змішування;
- встановити вплив структури на механічні властивості композиційної кераміки.
- Провести фрактографічні дослідження зламів кераміки після випробувань на трьох-точковий згин

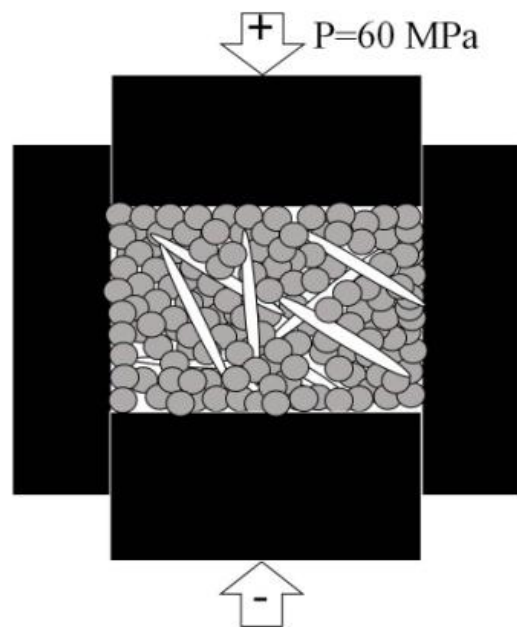
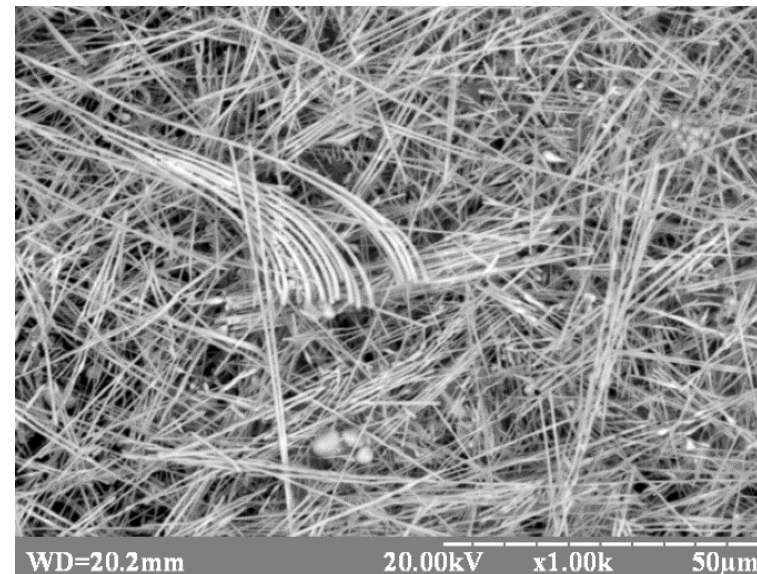
Методика експерименту

Вихідні матеріали: порошок карбіду бору (B_4C , 96%, розмір частинок 1-5 мкм, виробництва «Хім Реактив Ко. Лтд», Україна)



+

Монокристалічні волокна ZrB_2



Витримка – 5 хв
Шв. нагріву – 100-150 °С/хв

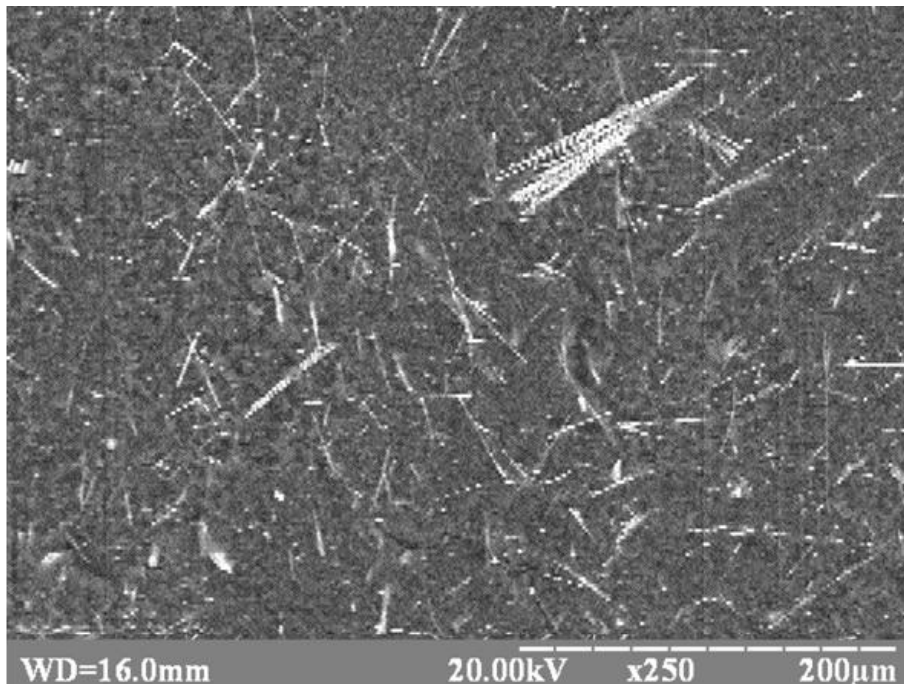
SPS
T=1850 °C



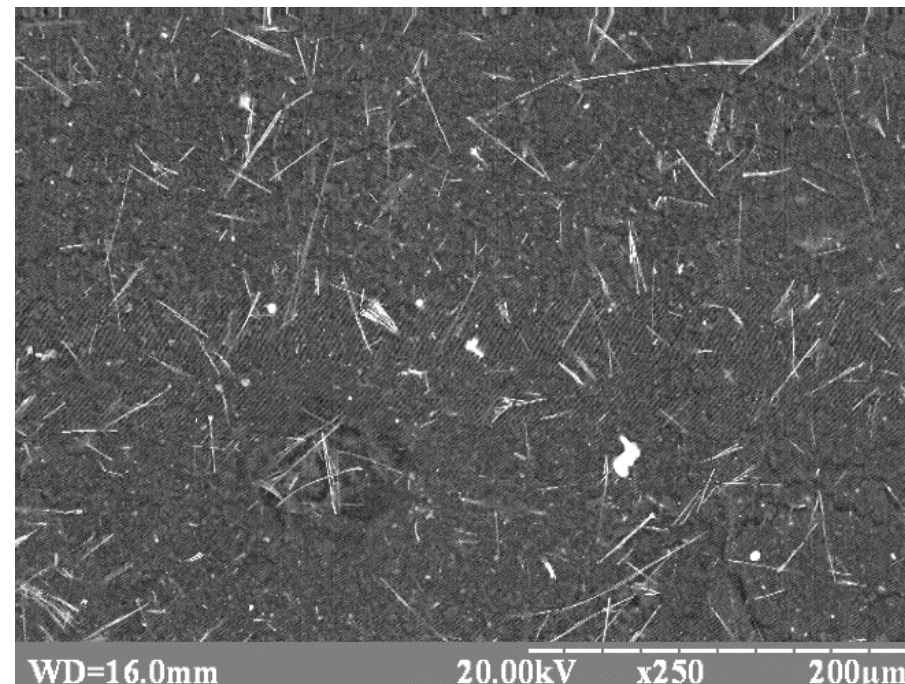
● - B_4C ○ - ZrB_2

Приготування сумішей порошоків

сухе змішування B_4C -20 мас% ZrB_2

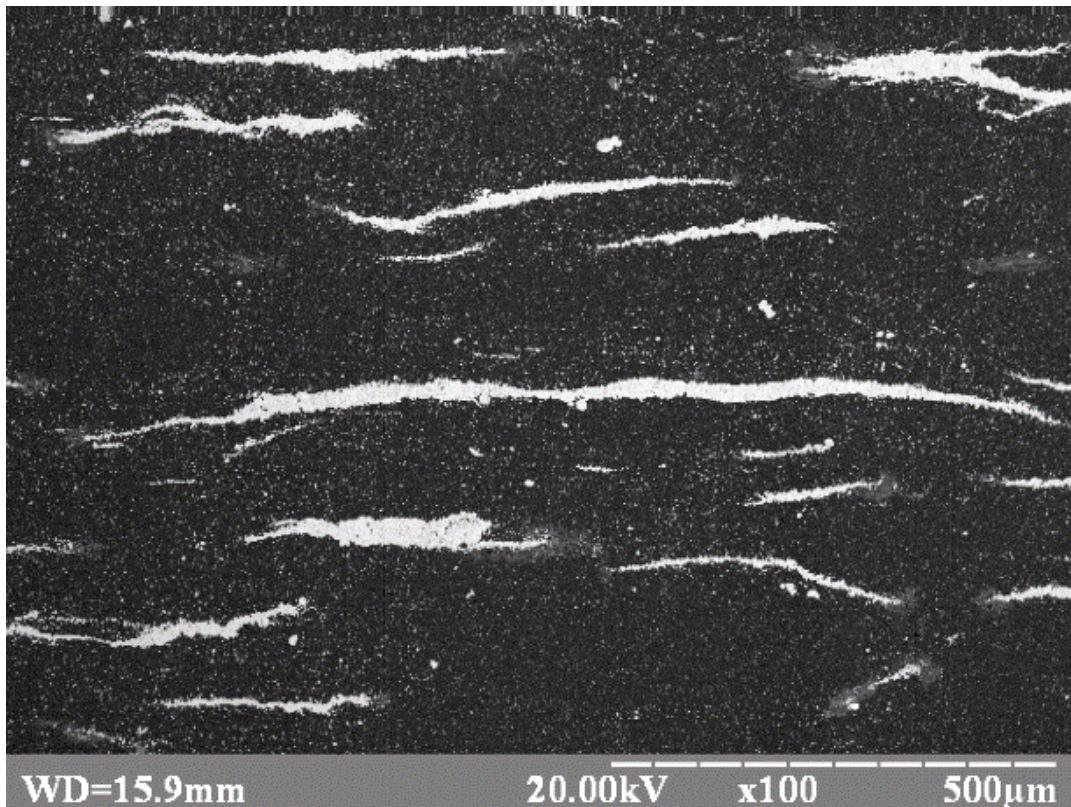


вологе змішування B_4C -10 мас% ZrB_2

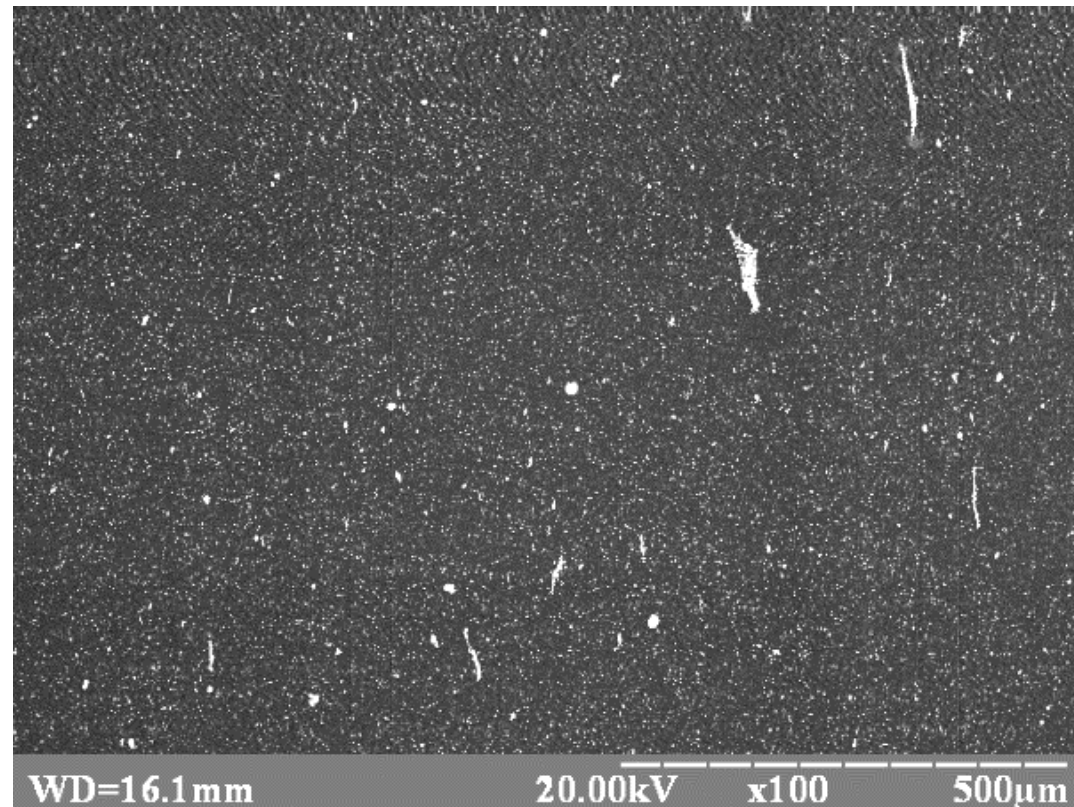


- Однорідна суміш
- Збереження вихідної морфології волокон ZrB_2

Мікроструктура композиційної кераміки B_4C-ZrB_2 отриманої мето...



$B_4C-10\% ZrB_2$, , сухе змішування



$B_4C-10\% ZrB_2$, вологе змішування

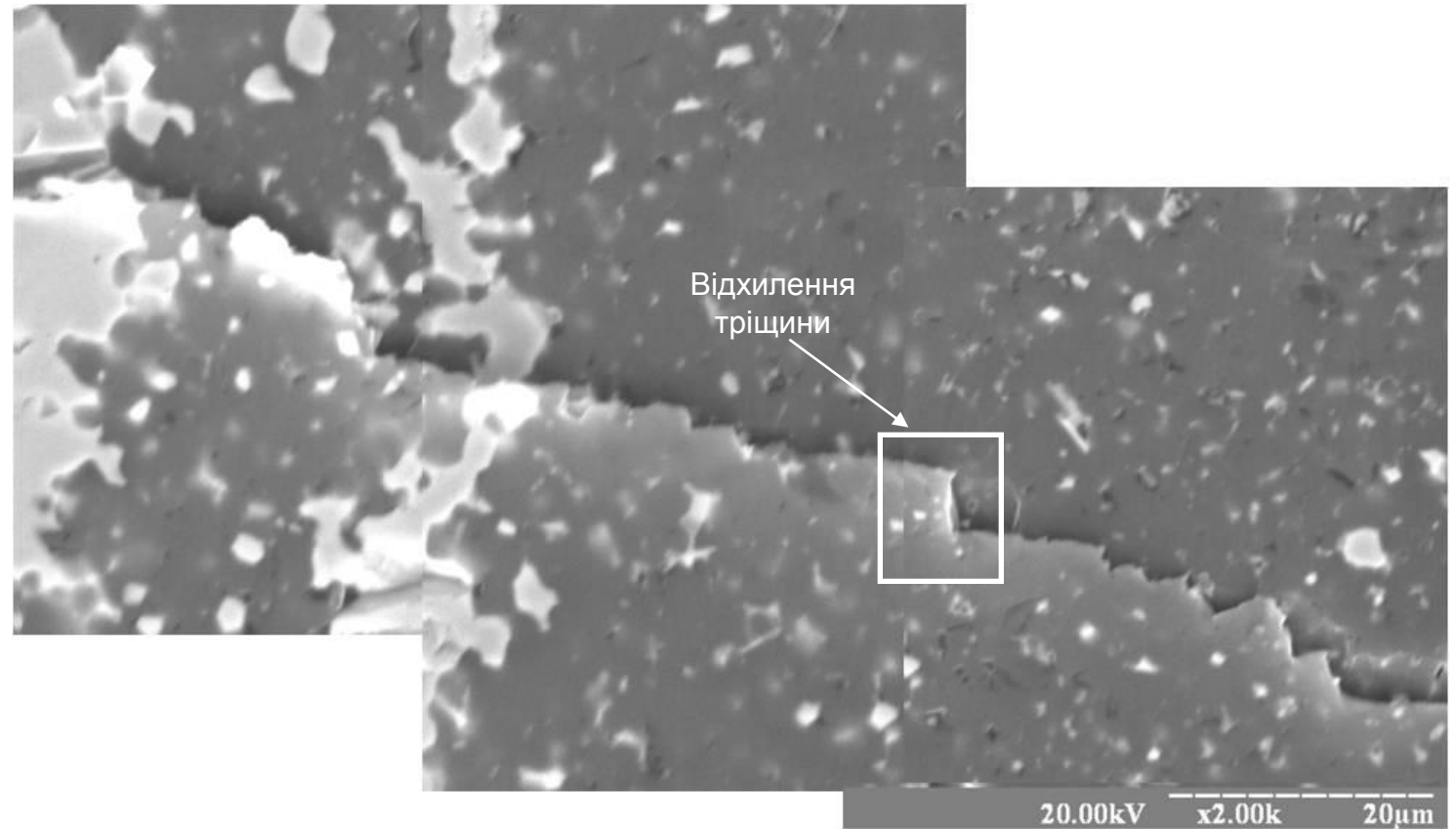
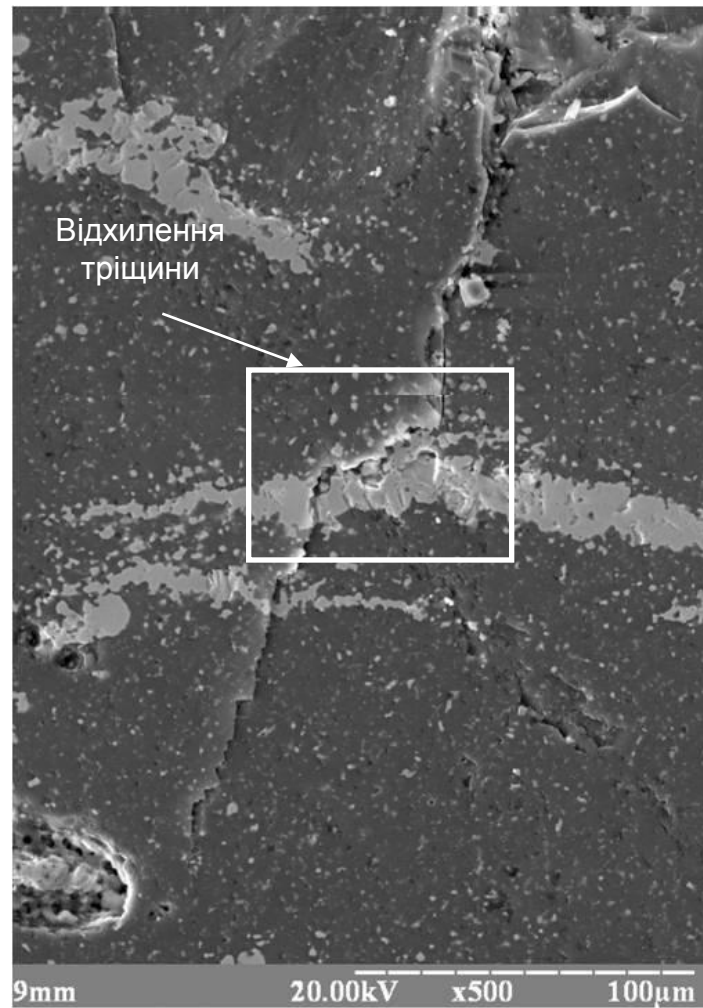
Результати мікромеханічних характеристик

Номер зразка	Склад	Змішування	Зусилля на інденторі, Н	HV, ГПа	K _{1с} , МПа·м ^{1/2}	Джерело
01-01	B ₄ C-20%ZrB ₂	Сухе	4,9	41,3±4,9	8,8±3	Наші результати
			9,8	36,6±2,2	9,5±3,5	Наші результати
01-02	B ₄ C-10%ZrB ₂	Сухе	4,9	38,3±3,3	6,7±1,4	Наші результати
			9,8	37,3±6,3	8,6±3,6	Наші результати
02-01	B ₄ C-20%ZrB ₂	Вода	4,9	36,9±5,2	10,±1,3	Наші результати
			9,8	35,2±2,8	9,6±1,9	Наші результати
02-02	B ₄ C-10%ZrB ₂	Вода	4,9	36,1±5,7	8,1±1,9	Наші результати
			9,8	35,9±3,2	8,9±1,9	Наші результати

1. Степанов Г. В. СВОЙСТВА КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ И УДАРНОМ НАГРУЖЕНИИ [Электронный ресурс] / Г. В. Степанов, Л. Майстренко и др. // – Режим доступа: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/asv_2009_1_10.pdf
2. Wenbo H. Microstructure and Properties of B₄C-ZrB₂ Composites [Text] / H. Wenbo, G. Jiaying, Z. Jihong // International Journal of Engineering and Innovative Technology. – 2013. – Vol. 3. – № 1. – P. 164 – 165. – ISSN: 2277-3754. – [1]
3. Bogomol I. A dense and tough (B₄C-TiB₂)-B₄C ‘composite’ within a composite’ produced by spark plasma sintering [Text] / I. Bogomol., H. Borodianska, T. Zhao // Scripta Materialia. – 2014. – Vol. 71. – P. 17–20.

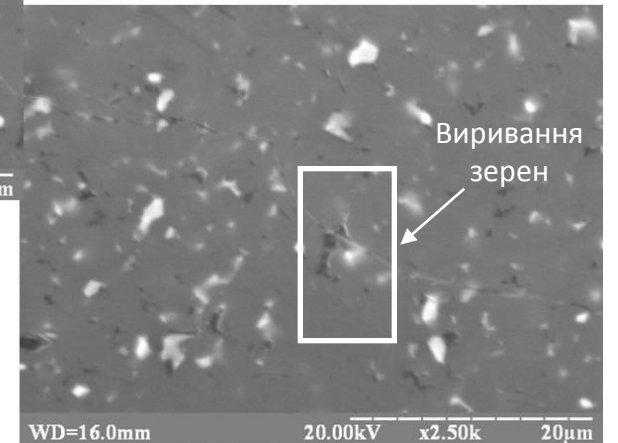
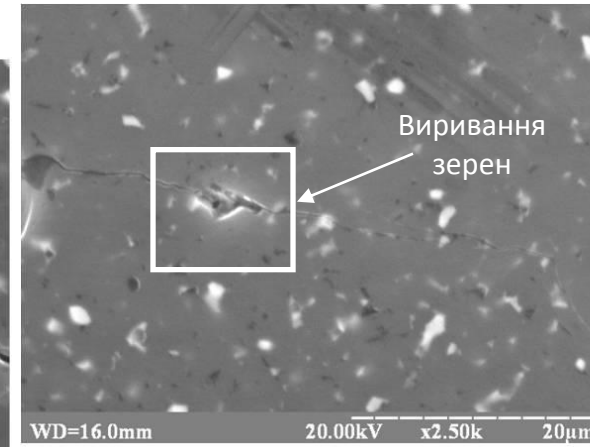
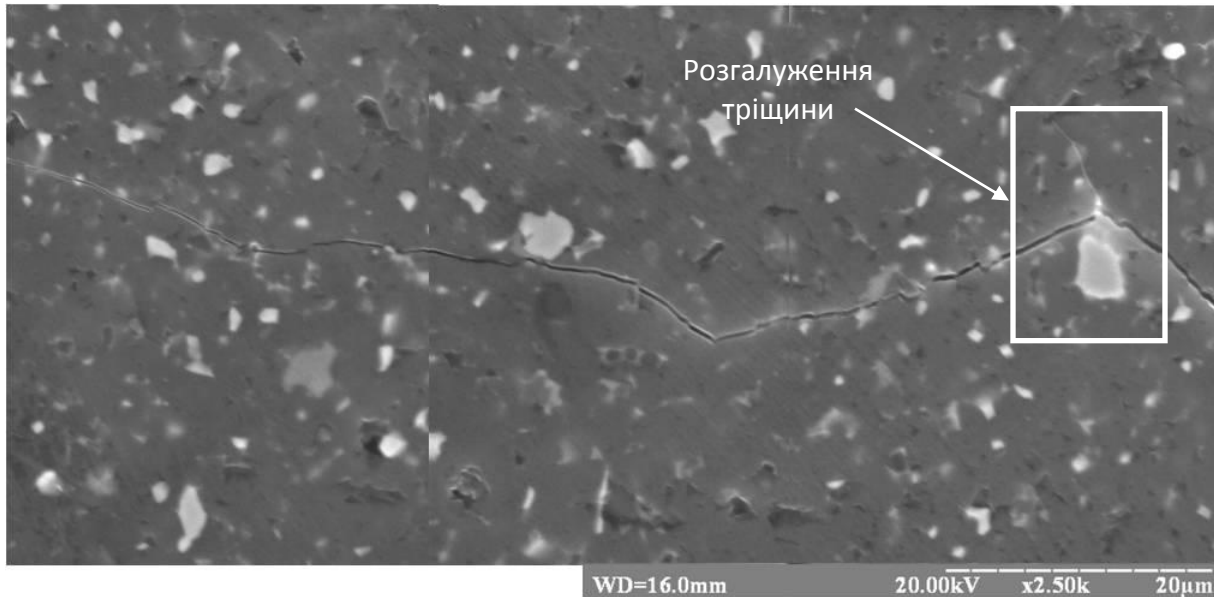
Розвиток тріщини на поверхні зразків

Сухе змішування

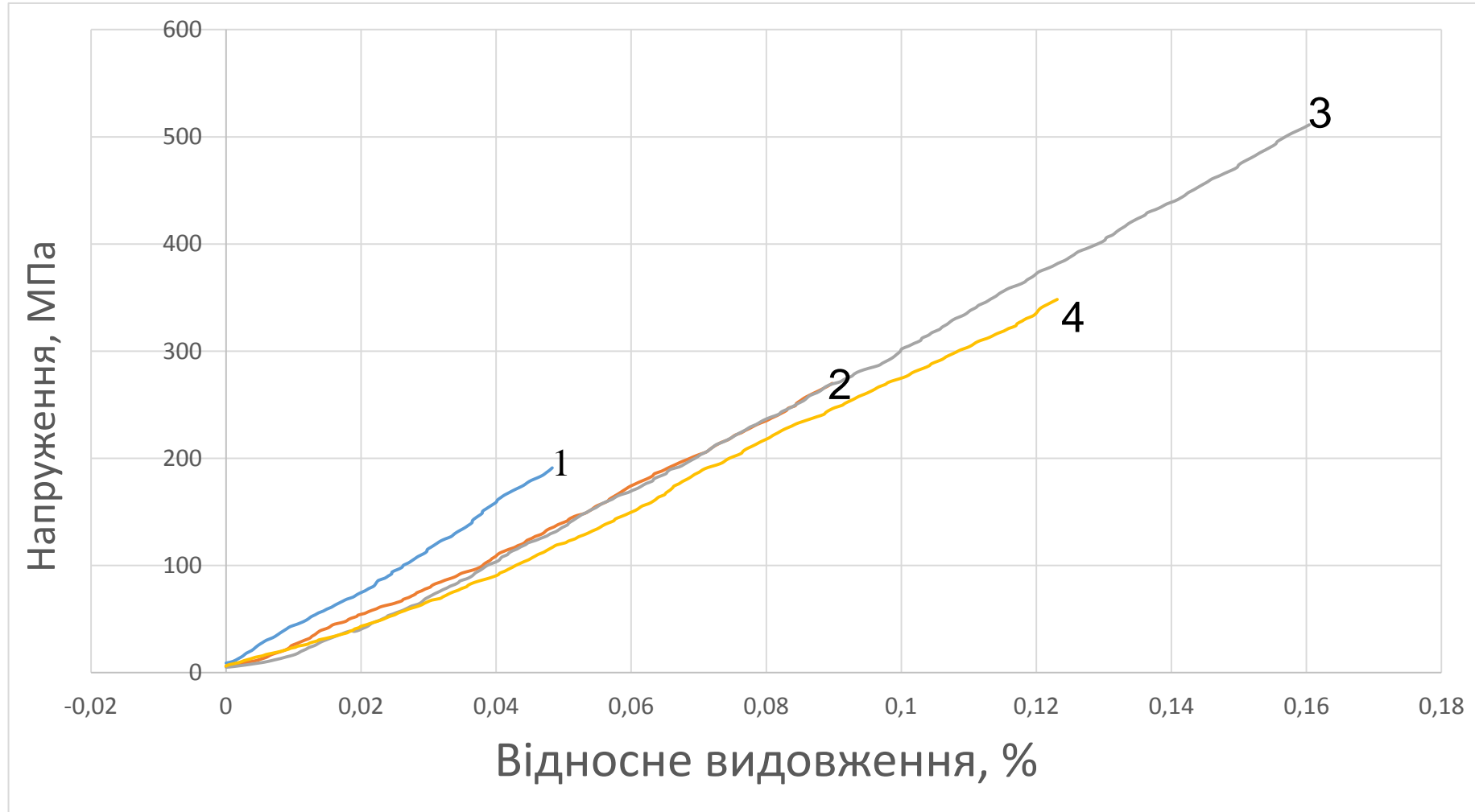


Розвиток тріщини на поверхні зразків

Вологе змішування



Дослідження міцності на згин

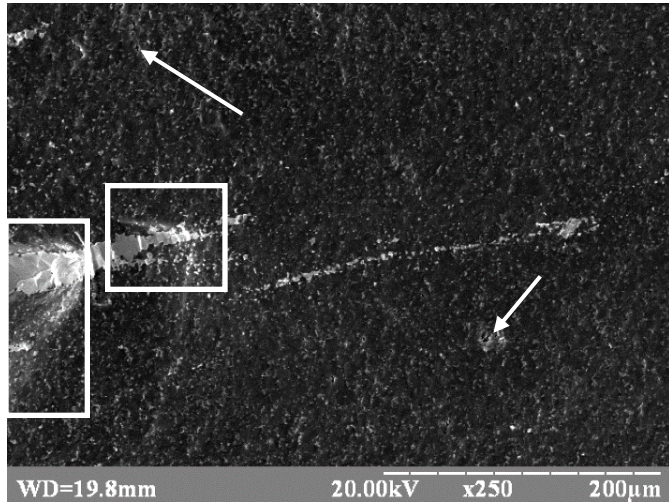


- 1 – 01-01_2 – B_4C -20% ZrB_2 , сухе змішування;
2 – 01-02_1 – B_4C -10% ZrB_2 , сухе змішування;
3 – 02-01-2 – B_4C -20% ZrB_2 , вологе змішування;
4 – 02-02_2 – B_4C -10% ZrB_2 , вологе змішування

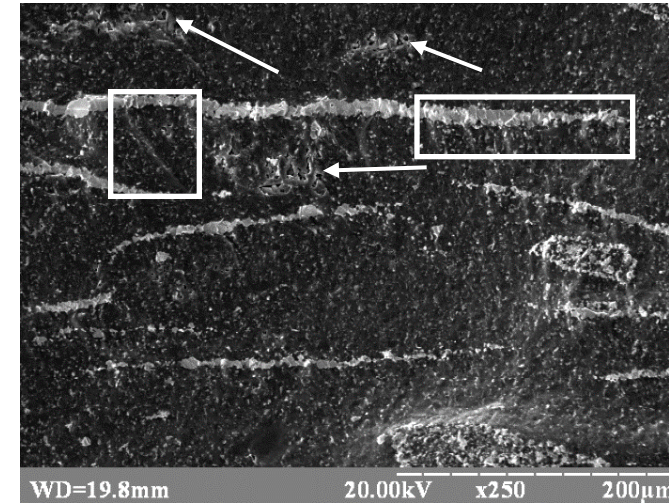
Дослідження міцності на згин

Номер зразка	Склад	Змішування	Міцність, МПа
01-01	$B_4C-20\%ZrB_2$	Сухе	191,14
01-02	$B_4C-10\%ZrB_2$	Сухе	269,88
02-01	$B_4C-20\%ZrB_2$	Вода	342,98
02-02	$B_4C-10\%ZrB_2$	Вода	296,68

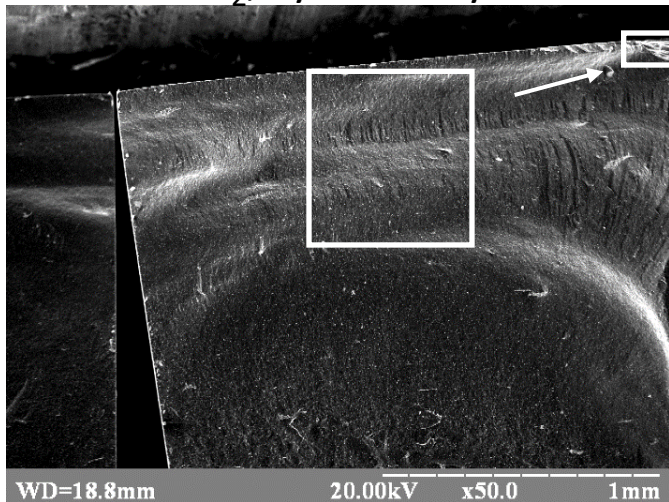
Мікроструктурний аналіз поверхні зламу



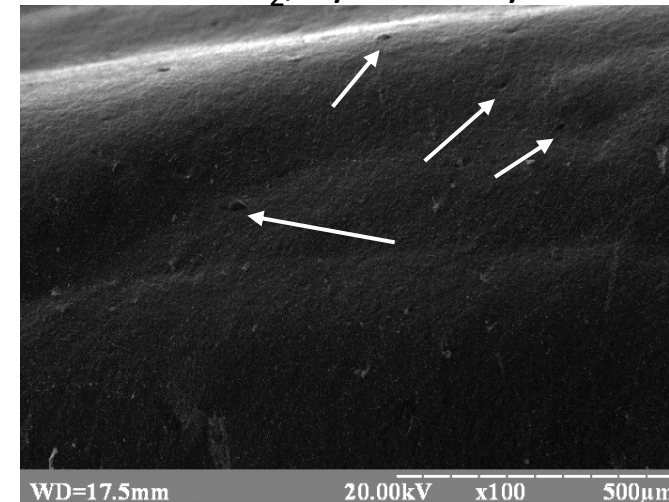
10 % ZrB_2 , сухе змішування



20 % ZrB_2 , сухе змішування



10 % ZrB_2 , змішування у воді



20 % ZrB_2 , змішування у воді

Висновки

В ході роботи було проведено дослідження структури та властивостей композиту B_4C-ZrB_2 отриманого методом іскро-плазмового спікання та встановлено:

- введення до складу кераміки монокристалічних частинок дибориду цирконію дозволяє отримати значно вищі значення мікротвердості та тріщиностійкості ($HV=35-40$ ГПа, $K_{1c}=8-10$ МПа·м^{1/2});
- на механічні властивості кераміки істотно впливає механізм змішування суміші карбиду бору та дибориду цирконію, оскільки він визначає однорідність розподілу фаз. При вологому змішуванні вдалося досягти більш рівномірного розподілення частинок ZrB_2 та уникнути скупчень;
- рух тріщин у отриманих зразках ускладнюється переважно за рахунок механізму відхилення тріщин. Проте у зразках, для яких застосовувалося вологе змішування спостерігається також наявність механізмів розгалуження тріщин та виривання зерен.
- отримані зразки мають значно вищі значення міцності на згин, у порівнянні з чистим карбідом бору (250-300 МПа). Модуль пружності навпаки зменшився, що може свідчити про підвищення пластичності кераміки (350-400 ГПа).
- при застосуванні сухого змішування та великому вмісті волокон дибориду цирконію міцність зразків навпаки зменшилася (191 МПа). Причиною цього є ламінарні включення дибориду цирконію, що утворилися у матеріалі під час спікання через коалесценцію скупчень волокон. При прикладенні навантаження на цих включеннях концентруються напруження, що призводить до появи тріщин та руйнування матеріалу при менших навантаженнях.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ