

**Список посилань**

1. Yurii Kuznietsov. Morphological synthesis of the universal rotary welding device. / Y. Kuznietsov // Journal of the Technical University of Gabrovo. – 66 (2023). – p.p. 1-4
2. <https://www.carpano.it/2017/07/17/hydraulic-cylinders-welding/>
3. [https://www.welkonwelding.com.tr/circular-welding-machine-circular-welding-automation-systems-circular-welding-systems-tank-welding-machine-cylinder-welding-machine\\_5\\_u\\_en.html](https://www.welkonwelding.com.tr/circular-welding-machine-circular-welding-automation-systems-circular-welding-systems-tank-welding-machine-cylinder-welding-machine_5_u_en.html)
4. <https://www.haoyuwelding.com/automatic-welding-machine/automatic-pipe-welding-machine/pipe-and-nipples-automatic-welding-machine.html>
5. <https://samsvar.ru/stati/manipulyator-svarochnyj.html>
6. [http://www.welding.su/articles/additional/additional\\_286.html](http://www.welding.su/articles/additional/additional_286.html)

УДК 621.136.3

**Рудь В.Д., докт. техн. наук, професор**

**Самчук Л.М., канд. техн. наук, доцент**

Луцький національний технічний університет, [Samchuk204@gmail.com](mailto:Samchuk204@gmail.com)

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИЦІЙНОГО ПОРИСТОГО МАТЕРІАЛУ**

Досліджено композит на основі порошків сталі окалини 18Х2Н4МА, порошку  $Al_2O_3$  і порошку мінералу сапоніту. Але, одним із проблемних питань при створенні керамічних виробів є пошук деякого раціонального співвідношення між величиною пористості та міцністю матеріалу. Відомо, що пористість негативно впливає на властивості кераміки, що більшою мірою стосується механічних властивостей, за рахунок того, що, по-перше, пори, залежно від їх розподілу за розмірами, геометричною формою та їх об'єднання у канали, відіграють роль, швидше, концентраторів механічних напружень ніж релаксаторів. По-друге, керамічні матеріали відрізняються, як правило, високою крихкістю [1, 2]. Механічні властивості керамічних композитів суттєво залежать від тиску формування зразків і температури спікання. Характерною характеристикою механічних властивостей керметів є твердість. Твердість спеченого зразка вимірювали, використовуючи мікротвердомір за Віккерсом при навантаженні 1,96 N (300 g) протягом 15 с. Результати випробувань представлені на рис. 1.

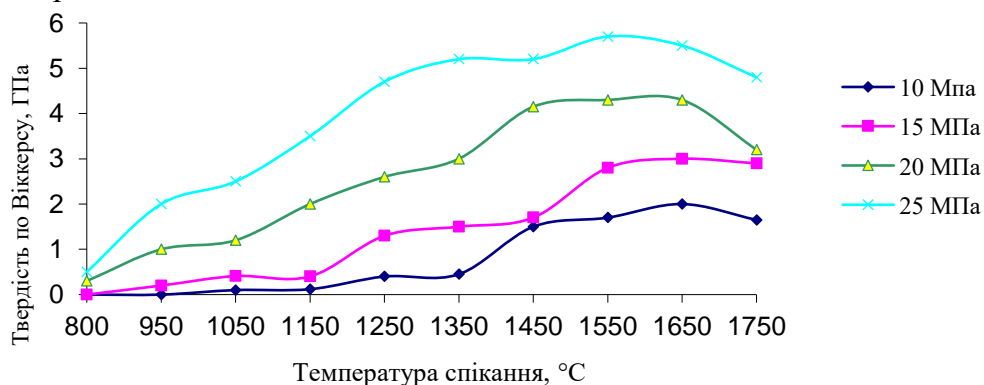


Рис. 1 – Твердість матеріалу в залежності від тиску пресування та температури спікання

Рисунок 1 показує залежність твердості по Віккерсу спеченого зразка у вигляді функції від температури спікання та тиску їх формування. З графічної залежності видно, що найнижча твердість вимірювана для всіх зразків спечених при 800°C в той час як максимальне значення твердості зафіксоване для всіх зразків спечених при температурі 1600 °C. Рисунок 2 показує, що твердість зростає від 800 до 1600 °C, однак при подальшому підвищенні температури (значення вище ніж 1600 °C) ця тенденція не спостерігається.

Температура спікання нижче 1400 °С не дає можливості утворенню суттєвої кількості інтерметалідів з оксидів металів, а проходить лише часткове введення атомів алюмінію в залізо. Твердість для всіх зразків спресованих при тисках 10 – 25 МПа і спечених при температурі від 800 до 1650 °С була вищою, ніж мінімальна межа 35 МПа для кераміки як вимагає стандарт. Із залежності видно, що твердість для зразків спресованих при тиску 10 МПа різко збільшується з збільшенням густини. Для зразків спресованих при тисках 15, 20, 25 МПа твердість корелює зі зміною об'ємної густини.

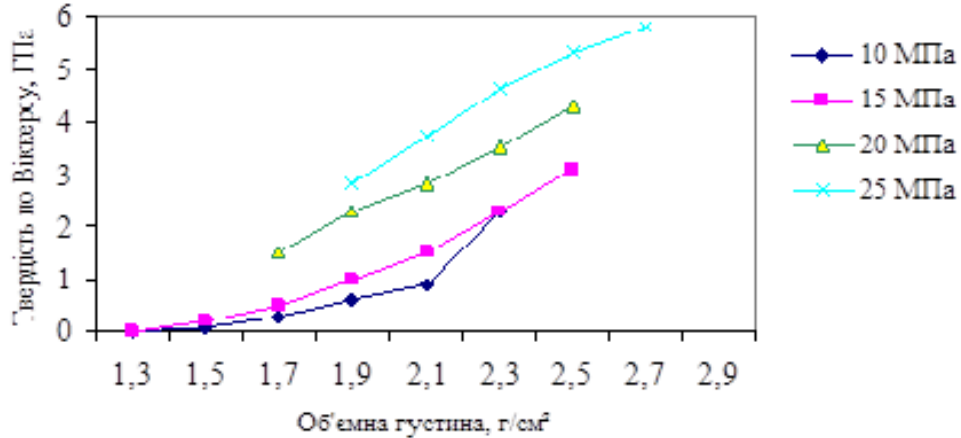


Рис. 2 – Співвідношення між твердістю по Віккерсу та об'ємною густиною

Міцність дослідних зразків на стискання визначали при кімнатній температурі на машині НКІМП 1231 У10 при навантаженні 250 Н.

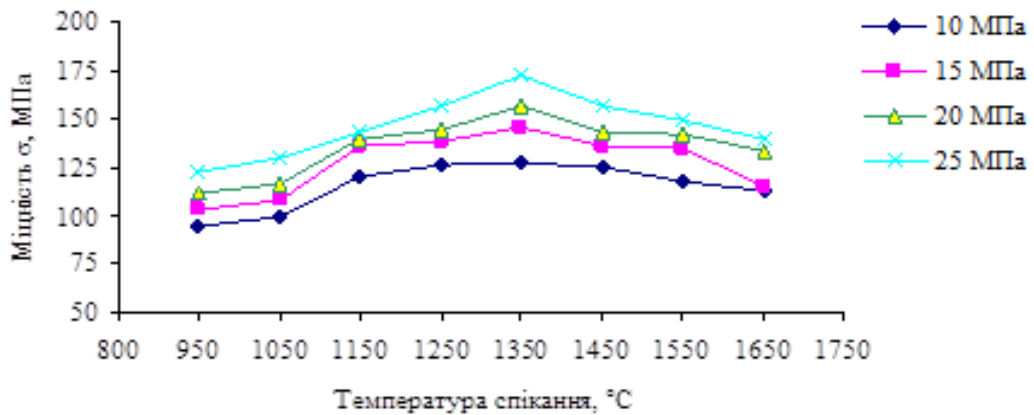


Рис. 3 – Міцність зразка в залежності від температури спікання та тиску пресування

Рисунок 3 показує залежність міцності на стискання від температури спікання зразків пресованих при різних тисках. Загалом із залежності можна виділити два етапи: до температури 1300 °С міцність збільшується, а з підвищенням (більше 1300 °С) – зменшується. Перший етап пояснюється тим, що має місце часткове інтерметалідне утворення між оксидами металів. Пористість зразків спечених до 1300 °С коливається в межах 11-12 %, пористість зразків спечених при вищих температурах сягає 15-18 %. При всіх досліджених температурах спікання міцність була вищою, ніж мінімальна межа 35 МПа для кераміки як вимагає стандарт ISO 19. Основною проблемою керамічних матеріалів є їх висока крихкість, що зумовлює руйнування при напруженнях, значно менших, ніж межа міцності. Величина  $K_{1C}$  - визначає здатність матеріалу протистояти розвитку тріщини. Випробування для визначення коефіцієнта тріщиностійкості  $K_{1C}$  проводили за допомогою твердоміра ТП-7Р-1 з індентором Віккерса при навантаженні 250 Н. На кожному зразку вимірювали 8-10 відбитків, а для одержання середнього значення тріщиностійкості матеріалу випробували 5 зразків. Тріщиностійкість  $K_{1C}$  визначали за методикою, яка

полягає в тому, що в плоску поверхню зразка вдавлюється піраміда Віккерса і за розміром відбитка та довжиною радіальної тріщини  $K_{1C}$  визначається за формулою:

$$K_{1C} \cdot \frac{\Phi}{H} \cdot \sqrt{a} = 0,15K(c/a)^{-3/2}, \quad (1)$$

де  $a$  – половина діагоналі відбитка;

$c$  – довжина радіальної тріщини, виміряна від центра відбитка;

$K=3,2$  – коефіцієнт пропорційності;

$\Phi$  – відношення твердості до межі текучості, яке для крихких матеріалів визначається за формулою Марша.

Коефіцієнт тріщиностійкості  $K_{1C}$  для зразків спресованих при різних тисках та спечених в інтервалі температур 800–1750 °С наведений на рис. 4.

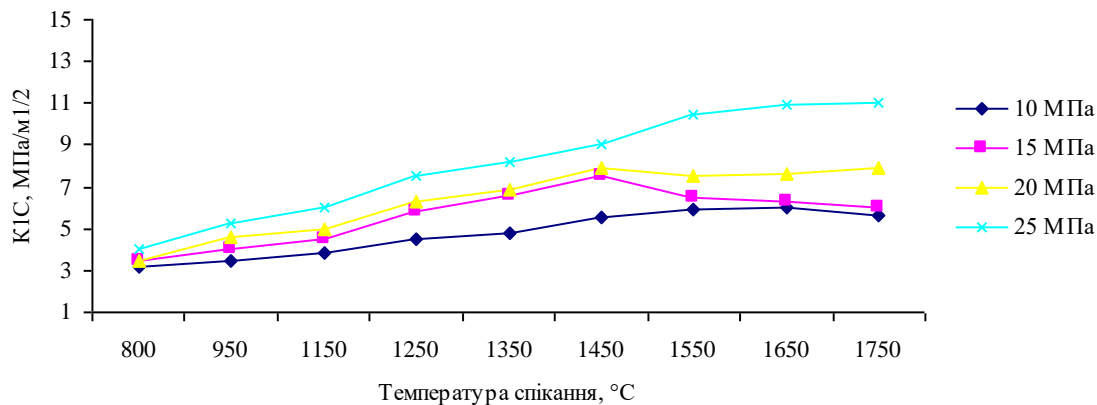


Рис. 4 – Тріщиностійкість зразків в залежності від тиску пресування та температури спікання

Як видно з рисунка 4, коефіцієнт  $K_{1C}$  зростає з ростом температури спікання зразків. Найвищу тріщиностійкість показали зразки спресовані при тиску 25 МПа. Як показали дослідження, оптимальна температура спікання для даного матеріалу 1550-1600°С, оскільки при подальшому підвищенні температури суттєвих змін механічних властивостей не спостерігається.

Основною проблемою керамічних матеріалів є їх висока крихкість, що зумовлює руйнування при напруженнях, значно менших, ніж межа міцності [3]. Суттєвою перевагою отриманого матеріалу є вища тріщиностійкість, яка уможлиблює його застосування у якості фільтрувальних перегородок зі статичним характером навантаження. Найвищу тріщиностійкість показали зразки спресовані при тиску 25 МПа. Як показали дослідження, оптимальна температура спікання для даного матеріалу 1550-1600 °С, оскільки при подальшому підвищенні температури суттєвих змін механічних властивостей не спостерігається.

#### Список посилань

1. Самчук Л.М. Технологія самопоширюваного високотемпературного синтезу системи  $TiC$ - $SiC$  з використанням відходів металообробки [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.02.01 / Самчук Людмила Михайлівна ; Луц. нац. техн. ун-т. - Луцьк, 2012. – 150 с.
2. Гулієва Н. М. Технологічний процес виготовлення пористих проникних матеріалів / Н. М. Гулієва // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2015. – № 822. – с. 78-85.
3. Рудь В. Д. Перспективні можливості отримання нових пористих проникливих матеріалів з використанням природних мінералів / В. Д. Рудь, Л. М. Самчук, Ю. С. Повстяна // Галузеве машинобудування, будівництво : зб. наук. пр. – Полтава : Вид-во ПНТУ імені Юрія Кондратюка, 2014. – Вип. 2 (41). – С. 192–197.