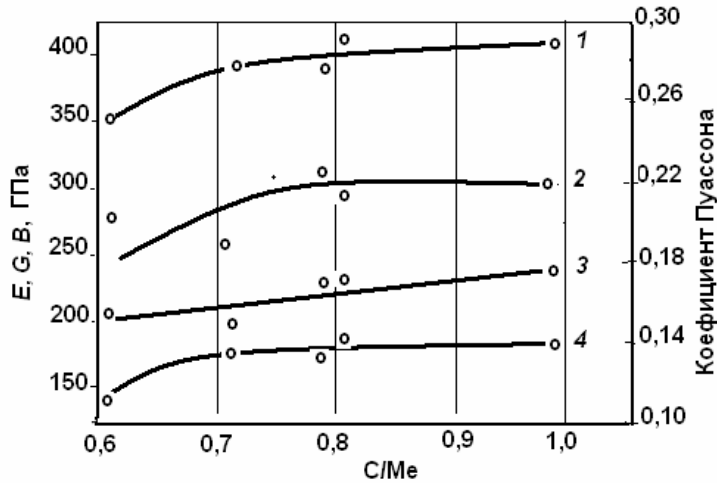


- $\rho$  – плотность образца композита, кг/м<sup>3</sup>;  
 $V_{lcp}$  и  $V_{toc}$  средние значения продольной и поперечной скоростей ультразвуковых колебаний, м/с;  
 $E$  – модуль упругости;  
 $B$  – модуль всестороннего сжатия, Па;  
 $\eta$  – коэффициент Пуассона.



1 – модуль упругости, E; 2 – коэффициент Пуассона,  $\eta$ ; 3 – модуль всестороннего сжатия, B; 4 – модуль сдвига, G

Рис. 2. Упругие характеристики плавляемых карбидных фаз циркония в области его гомогенности.

Зависимость рассчитанных характеристик карбидных фаз циркония в зависимости от содержания в них углерода представлена на рис. 2.

Анализируя полученные результаты, можно сказать следующее, что в области гомогенности идет увеличение всех упругих характеристик, что в свою очередь, вызывает увеличение механических характеристик материала.

Литература:

1. Lanin A. Thermal Stress Resistance of Materials / A. Lanin, I. Fedik. – Springer Berlin Heidelberg, 2008. – 248 с.
2. Бела Т.С. Радиационный захват нейтронов: Справочник /Т.С. Бела, А.В. Игнатюк, А. Б. Пашенко, В. И. Пляскин . – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 248 с.
3. Степанчук А. Н. Прочностные и абразивные свойства плавляемых тугоплавких соединений и инструментальных материалов на их основе /А.Н. Степанчук // Современные спеченные и твердые сплавы. Сб.трудов – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2008. – С. 269 – 280
4. Bochko A.V. Elastic Constants and Elasticite Moduli of Cubic and Wurtzitic Boron Nitride / A.V. Bochko, O.I. Zaporozhets // Powder Metallurgy and Metal Ceramics.–1996.– N7–8. – P. 417 – 423.
5. Zaporozhets O.I. A technology for non-destructive testing of metalworks / O.I. Zaporozhets, A.V. Lichko, V.V. et al. // Met. Phys. Adv. Tech. – 1999. – 17. – P. 961 – 971.

**Тесля С.Ю., Степанчук А.М., Білик І.І.**

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

## **ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ КОМПОЗИТІВ САМОФЛЮСІВНИЙ СПЛАВ – КАРБІДИ ПЕРЕХІДНИХ МЕТАЛІВ**

E-mail: [astepanchuk@iff.kpi.ua](mailto:astepanchuk@iff.kpi.ua)

Актуальною задачею сучасної науки і техніки є розробка матеріалів для захисту елементів обладнання, яке працює в умовах інтенсивного абразивного зношування. У цьому відношенні перспективним є створення на робочих поверхнях композиційних покриттів, структурною особливістю яких є наявність в пластичній матриці рівномірно розподілені включення твердої фази. Як тверду фаз можна використовувати гранули з твердих тугоплавких сполук (ТТС), перш за все карбідів та боридів перехідних металів. Як

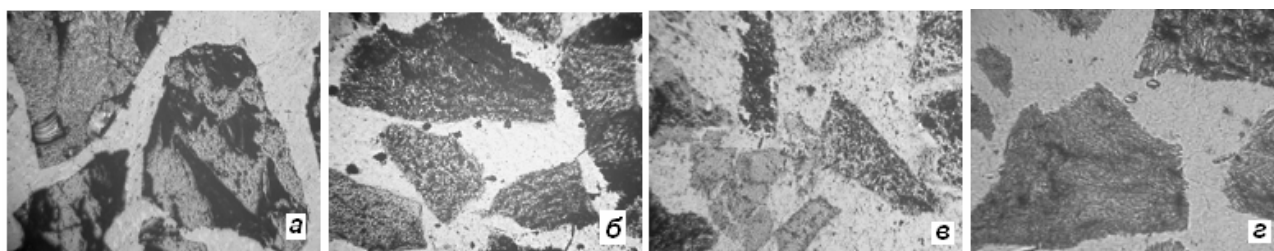
металеву зв'язку доцільно використовувати самофлюсівні сплави на основі заліза (СФЗ) та нікелю (СФН) [1].

На сьогоднішній час досить широкого застосування для створення зносостійких композиційних покриттів знайшов карбід вольфраму (РЕЛІТ) [2, 3]. Але у зв'язку з дефіцитністю вольфрамової сировини у світі, і особливо в Україні, доцільним є розробка подібних матеріалів за участю інших твердих тугоплавких сполук. У цьому відношенні, як показано в роботах [4], перспективним є використання карбиду ніобію.

Тому в роботі досліджувались умови формування структури композиційних матеріалів за участю карбиду ніобію у порівнянні з композиційними матеріалами за участю карбиду вольфраму. Гранули з середнім розміром 500 (-063+04), 360 (-04+0315) та 260 (-315+02) мкм готували дробленням плавлених карбідів, які отримували за методикою викладеною в роботі [6]. Матеріали з вказаних композицій отримували просоченням гранул з карбідів у стані утруски розплавом самофлюсівних сплавів взятих у кількостях для забезпечення стовідсоткового просочення. Процес просочення проводили у печі опору на повітрі за температури 1300 °С на протязі 5 хвилин.

Вивчався вплив розміру гранул на структуру та твердість отриманих композицій.

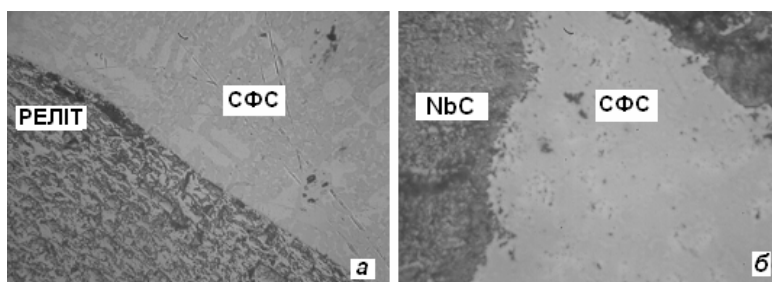
Дослідження структури отриманих матеріалів свідчить (рис. 1), що вона є гетерогенною і складається з гранул (зерен) карбідів і матриці з самофлюсівного сплаву. При цьому має місце стовідсоткове просочення гранул з утворенням якісного контакту між складовими композицій.



а – реліт (-063+04) ; б – реліт (-04+0315); в – реліт (-0315+02); г – карбід ніобію (-063+04)

Рис. 1. Структура матеріалів з композицій РЕЛІТ – СФС та NbC – СФС з різним розміром гранул (x400)

При умовах отримання композиційних матеріалів в нашій роботі також має місце взаємодія між карбідами та розплавом самофлюсівного сплаву (рис. 2). При цьому, при інших рівних умовах, вища ступінь взаємодії має місце в системі NbC – СФС, про що свідчить структура на межі поділу фаз.



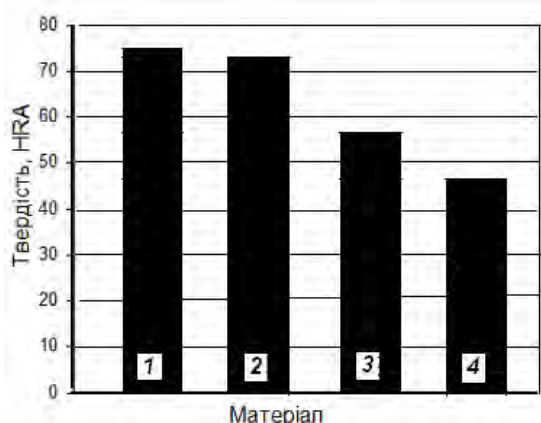
а – РЕЛІТ – СФС; б – NbC – СФС

Рис. 2. Структура на межі поділу фаз (x400)

В роботі проводилось дослідження твердості композицій. Отримані результати наведені на рис. 3. Аналіз отриманих результатів показує, що вона змінюється залежно від складу композиції і розміру гранул (рис. 3).

Найбільшу твердість мають матеріали з композицій реліт – СФС. При цьому найвищу твердість мають композиції РЕЛІТ – СФС (74 НРА) з розміром гранул (-063+04)

(рис. 3, 1). Зі зменшенням розміру гранул твердість композицій зменшується. Така ж залежність спостерігається для композицій NbC – СФС. Абсолютні значення твердості для обох композицій з вмістом гранул одного розміру сумірні.



- 1 – реліт (-063+04);
- 2 – карбід ніобію (-063+04);
- 3 – реліт (-04+0315);
- 4 – реліт (-0315+02)

Рис. 3. Залежність твердості композиційних матеріалів від складу та розміру гранул твердої складової

Таким чином встановлено, що змінюючи якісний склад вихідних матеріалів, можна регулювати структуру і, як наслідок, властивості КМ. Карбід ніобію, поряд з карбідами вольфраму, є перспективним матеріалом для створення зносостійких матеріалів.

#### Література:

1. Степанчук А.М. Використання самофлюсівних сплавів при створенні композиційних матеріалів та покриттів [Електор. ресурс] / А.М. Степанчук, О.А. Демиденко, Л.О. Бірюкович, М.Б.Шевчук // Матеріали міжнародної конференції “Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра”. – Київ: НТУУ”КПІ”, 2013. – С. 454–465.
2. Bao J. Wear-Resistant WC Composite Hard Coatings by Brazing / J. Bao, J.W. Newkirk, S. Bao // Journal of Materials Engineering and Performance. – 2004. – 13, № 4. – P. 385 – 388.
3. Aiguo L. Microstructures and wear resistance of large WC particles reinforced surface metal matrix composites produced by plasma melt injection / L. Aiguo, G. Mianhuan, Z. Minhai, W. Changbai // Surface & Coatings Technology. – 2007. – 201. – P. 7978 – 7982.
4. Woydt M. Potentials of niobium carbide (NbC) as cutting tools and for wear protection / M. Woydt, S. Huang, J. Vleugels at al. // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2018. – Vol. 72. – P. 380 – 387.
5. Степанчук А.М. Отримання та властивості гранул з тугоплавких сполук для створення композиційних матеріалів. / А.М. Степанчук, М.Б. Шевчук, С.В. Мазаев // Наукові вісті НТУУ ”КПІ”. – 2010. – №6. – С. 111 – 119.

**Титаренко В.В., Заблудовський В.О.**  
(ДНУЗТ, м. Дніпро)

### **МЕХАНІЧНІ ТА ЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕЦЕВМІСНИХ НІКЕЛЕВИХ ПОКРИТТІВ**

E-mail: dudkina2@ukr.net

На даний час активно досліджуються композиційні електролітичні покриття (КЕП), модифіковані наночастинками різної природи. Ця тенденція пов'язана як з появою нових матеріалів (наноалмази, фулерени, вуглецеві нанотрубки, оніони та ін.), так і з можливістю істотного покращення функціональних властивостей покриттів при включенні в металеву матрицю різних наночастинок. Особливий інтерес представляють КЕП зі зміцнюючими частинками, що відносяться до класу надтвердих матеріалів, такими як ультрадисперсні алмази (УДА).