

- process of finish turning of aluminum alloys and brass]. *Sverkhtverdye Materialy – Journal of Superhard Materials*, 3, 56–66.
7. Chernienko, O. I., Kushch, O. V., Garashchenko V. V., et al. (2020). Modyfikatsiia nanorozmirnykhalmaznykh poroshkiv vzaiemodiieiu z tryoksydom volframu v hazovii fazi [Modification of nanosized diamond powders by interaction with tungsten trioxide in the gas phase]. *Instrumentalne materialoznavstvo – Tooling materials science*, 23, 269–276 [in Ukrainian].
  8. Shulzhenko, A. A., Gargin, V. H., Shishkin, V. A., & Bochechka, A. A. (1989). *Polikrystallicheskie materialy na osnove almaza [Diamond-based polycrystalline materials]*. N.V. Novikov (Ed.). Kiev: Naukova dumka [in Russian].
  9. Kivilis, S.S. (1980). *Plotnomery [Density meters]*. Moskow. Energiia [in Russian].
  10. Bochechka, A. A. (1983). Razrushenie chastits almaznogo poroshka pod vozdeistviem vysokogo davleniia [Destruction of diamond powder particles under high pressure]. *Sverkhtverdye Materialy – Superhard Materials*, 5, 9–14 [in Russian].
  11. Geguzin, Ja. E. (1984). *Fizika spekaniia [The physics of sintering]*. Moskow. Nauka [in Russian].
  12. Enokhovich, A.S. (1976). *Kratkii spravochnik po fizike [Concise reference book on physics]*. Moskow. Vysshiaia shkola [in Russian].
  13. Nikolskii, B. (Eds.) (1963). *Spravochnik khimika.T. 1 [Chemist's Handbook. Vol. 1]*. Leningrad: Khimiia [in Russian].
  14. Bochechka, A. A., & Gardin, V. G. (1998). Otsenka izmeneniia velichiny davleniia pri spekanii almazno-tverdospлавnykh plastin v apparate vysokoho davleniia tipa "toroid" [Evaluation of the change in pressure when sintering diamond-carbide cutting blanks in a toroid-type high-pressure apparatus. *Sverkhtverdye Materialy – Journal of Superhard Materials*. 3, 31–39.
  15. Bochechka A. A., Romanko L. A., Gavrilova V. S., et al. (2007). Osobennosti spekaniiaalmaznykh poroshkov razlichnoi dispersnosti v usloviakh vysokoho davleniia [Special features of sintering diamond powders of various dispersions at high pressures]. *Sverkhtverdye Materialy – Journal of Superhard Materials*, 1, 24–31.

УДК 621.921.34.492.2:539.89:621.762.5

DOI: 10.33839/2708-731X-25-1-228-232

**А.О. Чумак, Д.Л. Коростишевський; Ю.О. Мельничук, О.М. Ісонкін,  
О.С. Осіпов<sup>1</sup>, О.І. Запорожець<sup>2</sup>**, кандидати технічних наук

<sup>1</sup>Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,  
вул. Автозаводська 2, 04074, м. Київ, e-mail: [mega-osipov@ukr.net](mailto:mega-osipov@ukr.net)

<sup>2</sup>Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України,  
б. Академіка Вернадського 36, 03143, м. Київ, e-mail: [zapus.ua@gmail.com](mailto:zapus.ua@gmail.com)

### **ЗНОСОСТІЙКІСТЬ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ АЛМАЗУ ПРИ ПЕРЕРИВЧАСТОМУ ТОЧІННІ ГРАНІТУ**

Розроблено методику визначення показника зносостійкості надтвердих матеріалів при переривчастому точінні граніту. Встановлено, що зносостійкість отриманого за умов високих тисків і температур композиційного матеріалу алмаз-Fe<sub>3</sub>C в 1,3 рази перевищує зносостійкість стандартних АТП, призначених для оснащення бурових доліт.

**Ключові слова:** алмаз, композит, точіння, знос, зносостійкість

Відомо, що при бурінні долотами та коронками високотвердих тріщинуватих порід їх різальні елементи з композиційних матеріалів на основі алмазу піддаються великим ударним механічним навантаженням. Переважно ці композити являють собою алмазно-твердосплавні пластини (АТП), що спікаються в умовах високих тисків та температур. До виготовлення бурового інструменту ріжучого типу проводиться тестування АТП, у результаті визначається

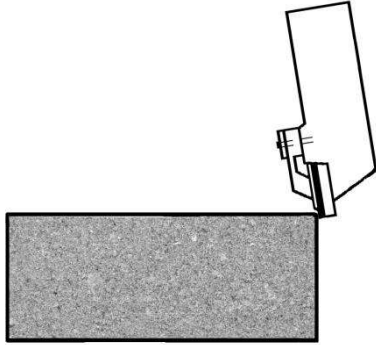


Рис. 1. Схематичне зображення моменту контакту та удару пластини композиту в блок піщаника у процесі його обробки

показник їх зносостійкості. Існують різні методики, якими можна встановити дану характеристику отриманого надтвердого матеріалу. Процес випробування композитів має бути близьким до умов експлуатації бурового інструменту. В ІНМ НАН України було створено методику визначення показника зносостійкості за величиною лінійного розміру ділянки зносу на бічній поверхні пластини композиту внаслідок обробки блоку піщаника. Було розроблено випробувальний стенд на базі поперечно-стругального верстата 7В36 [1, 2]. Слід зазначити, що при кожному зіткненні пластини композиту з краєм блоку піщаника вона зазнає удару, після якого відбувається процес стругання і її абразивне зношування (рис. 1).

При цьому в результаті таких випробувань ділянка зносу різального шару певної кількості АТП мала сліди від удару, тобто сколювання кромки та відрив макрочастинок матеріалу різального шару (рис. 2).

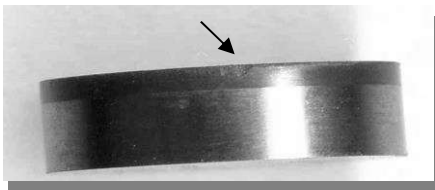


Рис. 2. АТП після випробувань при обробці блоку піщаника. Стрілка показує ділянку зносу

У роботі [3] розроблено методику визначення зносостійкості композитів на основі кубічного нітриду бору при переривчастому точінні циліндричних заготовок із загартованої сталі з декількома широкими пазами, отриманими при фрезеруванні вздовж заготовок. Аналогічну методику тестування було застосовано у роботі [4] при визначенні оптимального складу керамоматричних композитів на основі кубічного нітриду бору. Таким чином, сучасні методики визначення

показника зносостійкості надтвердих композиційних матеріалів засновані на поєднанні процесів абразивно-хімічного зношування різальної кромки пластини з одночасним впливом на неї ударного навантаження певної частоти. У роботі [5] нами описано методику визначення зносостійкості композитів на основі алмазу в результаті точіння циліндричного керна граніту.

У цій роботі представлено результати визначення показників зносостійкості при переривчастому точінні граніту для АТП та композитів, отриманих у системах алмаз– $TiNi_3$  та алмаз– $Fe_3C$  за певних термобаричних умов.

Всі зразки композитів були отримані при спіканні в умовах високого тиску методом інфільтрації розплавів на основі сполук  $TiNi_3$  та  $Fe_3C$ , аналогічно описаному в роботі [6]. АТП, призначені для оснащення бурового інструменту, були придбані у фірми *Dong'e Zuanbao Diamond Corporation*. Для проведення випробувань з отриманих спечених композитів в результаті алмазно-абразивної обробки кругами та вільним абразивом було виготовлено різальні пластини діаметром  $9,52 \pm 0,05$  мм та висотою  $3,50 \pm 0,15$  мм (рис. 3).

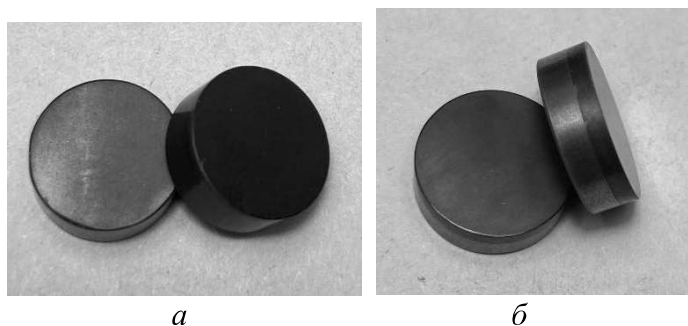


Рис. 3. Зразки композитів, отриманих у системах алмаз–TiNi<sub>3</sub>, алмаз–Fe<sub>3</sub>C (а), та АТП фірми Dong'e Zuanbao Diamond Corporation (б)

Точіння граніту проводили із швидкістю різання 90 м/хв, подача становила 0,19 мм/об, глибина різання – 0,15 мм, час точіння – 2 хв. Значення показника зносостійкості визначали за величиною лінійного розміру фаски зносу на задній поверхні пластини з точністю вимірювання ±0,01 мм. Щільність зразків композитів визначали методом гідростатичного зважування у воді з точністю ±0,01 г/см<sup>3</sup>. Модуль Юнга встановлювали ультразвуковим методом, описаним у роботі [6] з точністю вимірювання ±20 ГПа.

На рис. 5 представлено ділянки різальних кромок пластин композитів та АТП після випробувань при обробці керна в режимі переривчастого точіння. Спостерігався рівномірний характер зношування всіх пластин. Пластини композиту алмаз–Fe<sub>3</sub>C мають мінімальну величину зносу по задній поверхні.

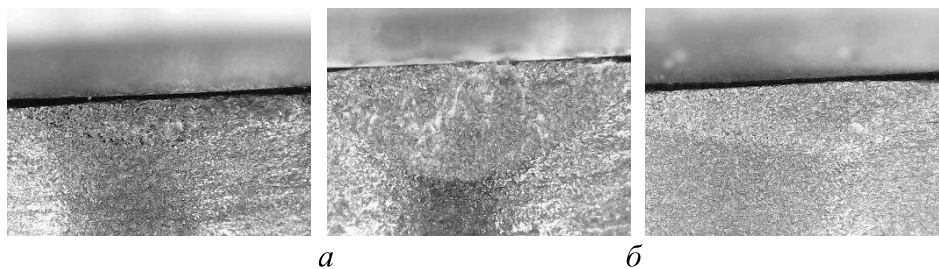


Рис. 5. Мікрофотографії ділянок зносу різальних кромок пластин з композиту алмаз–Fe<sub>3</sub>C (а), композиту, отриманого в системі алмаз–TiNi<sub>3</sub> (б), і АТП (в)

У таблиці представлено результати експериментів з визначення зносостійкості при переривчастому точінні граніту, значення щільності, Модуля Юнга для композитів і різального алмазовмісного шару АТП.

#### Фізико-механічні властивості зразків

Композиційний матеріал	Величина фаски зносу по задній поверхні, мм	Густина, г/см <sup>3</sup>	Модуль Юнга, ГПа
Алмаз–Fe <sub>3</sub> C	0,23	3,80	910
Алмаз–TiNi <sub>3</sub>	0,53	3,89	690
АТП	0,30	4,15	810

На рис. 4 представлено kern дрібнозернистого сірого граніту Коростишівського родовища 9-ї категорії буримості, що оброблювався отриманими композитами та АТП. Глибина та ширина паза в керні граніту становила 10 мм.



Рис. 4. Вигляд керну граніту з пазами, встановленого в патрон токарного верстата, та різця із механічно закріпленою пластиною з композиту алмаз–Fe<sub>3</sub>C

Таким чином, розроблено методику визначення показника зносостійкості композитів на основі алмазу та АТП при переривчастому точінні граніту. Встановлено, що за даних режимів обробки граніту надтвердими композиційними матеріалами показник зносостійкості композиту алмаз-Fe<sub>3</sub>C перевищує аналогічну характеристику АТП на 30%.

*Робота виконана за підтримки і відповідно до науково-дослідницької тематики № III-4-20 (0977) ІНМ НАН України: «Розробка композитів на основі алмазу та сполук заліза і нікелю з високими зносостійкими характеристиками для породоруйнівного інструменту на його основі».*

**A.O. Chumak<sup>1</sup>, D.L. Korostyshevskiy<sup>1</sup>, Yu.O. Melniichuk<sup>1</sup>,  
A.M. Isonkin<sup>1</sup>, A.S. Osipov<sup>1</sup>, O.I. Zaporozhets<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*V.N. Bakul Institute for Superhard Materials of NAS Ukraine*

<sup>2</sup>*G.V. Kurdyumov Institute for Metal Physics of NAS Ukraine*

## WEAR RESISTANCE OF DIAMOND-BASED COMPOSITES

### AT INTERRUPTING TURNING OF GRANITE

*A methodology for determining of the wear resistance index for superhard materials during interrupting granite turning has been developed. It was established that the wear resistance of the diamond-Fe<sub>3</sub>C composite material produced under conditions of high pressure and high temperature exceeds 1.3 times the wear resistance of standard ATP intended for the equipment of drill bits.*

**Key words:** *diamond, composite, turning, wear, wear resistance*

### Література

1. Свешников И.А., Майстренко А.Л., Заболотный С.Д., Виноградова Е.П. Экспериментальные исследования влияния зоны предразрушения на прочность горной породы при резании // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: сб. науч. тр. – Выпуск 12. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2009. – С. 98–102.
2. Олейников Б.А. Метод оценки работоспособности алмазно-твердосплавных пластин // Синтетические сверхтвердые материалы в геолого-разведочном бурении: сб. науч. тр. – К.: ИСМ АН УССР, 1987. – С. 114–116.
3. Osipov A.S., Klimczyk P., Cygan S., Melniichuk Iu.A., Petrusha I.A., Jaworska L., Composites of the cBN–Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> system reinforced by SiCw for turning tools // J. Superhard Mater. – 2016. – Vol. 38, N. 1. – P. 1–7.
4. Halpin T., Byrne G., Barry J., Ahearne E., The performance of polycrystalline cubic boron nitride tools in continuous, semi-interrupted, and interrupted hard machining // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: J. Eng. Manuf. – 2009. – Vol. 223. – P. 947–953.
5. Бондаренко Н.А., Осипов А.С., Исонкин А.М., Мельничук Ю.А., Быков А.И. Износостойкость композитов алмаз-доломит и алмаз-карбонат стронция, полученных в условиях высоких давлений и температур// Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: сб. науч. тр. – Выпуск 21. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2018. – С. 171–182.
6. Osipov A.S., Klimczyk P., Cygan S., et al., Diamond–CaCO<sub>3</sub> and diamond–Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> materials sintered using the HPHT method // J. Eur. Cer. Soc. – 2017. – Vol. 37. – P. 2553–2558.

*Надійшла 06.07.22*

## References

1. Sveshnikov, I.A., Maystrenko, A.L., Zabolotnyi, S.D., & Vinogradova, E.P. (2009). Ekperimentalnye issledovaniia vlianiia zony predrazrusheniia na prochnost hornoi porody pri rezanii. *Porodorazrushaishchii i metalloobrabatyvaiushchii instrument – tekhnika i tekhnolohiia ego izgotovleniia i primeneniia – Rock Destruction and Metal-Working Tools – Technique and Technology of the Tool Production and Applications*, 12, 98–102 [In Russian].
2. Oleynikov, B.A., (1987). Metod otsenki rabotosposobnosti almazno-tverdospлавnykh plastin. *Sinteticheskie sverhtverdye materialy v geologo-razvedochnom burenii. – Synthetic superhard materials in geological exploration drilling*. Kiev: ISM NAN Ukrainy, 114–116 [in Russian].
3. Osipov, A.S., Klimczyk, P., Cygan, S., et al. (2016). Composites of the cBN-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> system reinforced by SiCw for turning tools. *Journal of Superhard Materials*, 38, N 1, 1–7.
4. Halpin, T., Byrne, G., Barry, J., & Ahearne, E., (2009). The performance of polycrystalline cubic boron nitride tools in continuous, semi-interrupted, and interrupted hard machining. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufactory*, 223, 947–953.
5. Bondarenko, N.A., Osipov, A.S., Isonkin, et al. (2018). Iznosostoikost kompozitov almaz-dolomit i almaz-karbonat strontsia, poluchenykh v usloviakh vysokikh davlenii i temperatur. *Porodorazrushaishchii i metalloobrabatyvaiushchii instrument – tekhnika i tekhnolohiia ego izgotovleniia i primeneniia – Rock Destruction and Metal-Working Tools – Technique and Technology of the Tool Production and Applications*, 21, 171–182 [In Russian].
6. Osipov, A.S., Klimczyk, P., Cygan, S., et al. (2017). Diamond–CaCO<sub>3</sub> and diamond–Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> materials sintered using the HPHT method. *Journal of the European Ceramic Society*, 37, 2553–2558.

УДК 621.921.34-492.2:666.233:539.89

DOI: 10.33839/2708-731X-25-1-232-238

**О. О. Бочечка**, д-р техн. наук; **О. М. Ісонкін**, **О. С. Осіпов**,  
**О. І. Чернієнко**, **В. С. Гаврилова**, **І. О. Гнатенко**,  
**Ю. О. Мельнійчук** кандидати технічних наук; **О. В. Куш**, асп.

## **ЗНОСОСТІЙКІСТЬ АЛМАЗНИХ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ, СПЕЧЕНИХ ЗА ТИСКУ 8 ГПа З АЛМАЗНОГО ПОРОШКУ, СИНТЕЗОВАНОГО В СИСТЕМІ Mg–Zn–C**

*Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, вул. Автозаводська, 2,  
04074 м. Київ, Україна, e-mail: bochekha@ism.kiev.ua*

*Зразки полікристалів були отримані спіканням за високого тиску порошків алмазу, синтезованих в системі Mg–Zn–C. Проведено дослідження зносостійкості отриманих зразків шляхом точіння ними циліндричного ядра граніту Коростишівського родовища X категорії буримості. Показано, що полікристали, спечені в апараті високого тиску (АВТ) «Тороїд 20» за тиску 8 ГПа та температури 1780 °C із некласифікованого продукту синтезу, мають зносостійкість в 30 разів вищу від зносостійкості полікристалів, спечених з дрібнодисперсного порошку з розміром частинок менше 40 мкм. Зносостійкість зразків алмазних полікристалічних елементів діаметром 15 мм та висотою 3 мм, спечених в АВТ «Тороїд 30» за тих же умов з продукту синтезу в системі Mg–Zn–C, в 5,6–10,9 разів вище зносостійкості контрольного зразка, спеченого з порошку, синтезованого в системі Ni–Mn–C.*

**Ключові слова:** *точіння ядра граніту, зносостійкість, твердість, алмазні порошки, продукт синтезу, високий тиск, спікання, алмазний полікристал*