

15. Zhang H., Chen P., Yan J., & Tang S. (2004). Fabrication and wear characteristics of MoSi₂ matrix composite reinforced by WSi₂ and La₂O₃. *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials*, 22, 271–275.
16. Paul T. R., Mondal M.K., & Mallik M. (2018). Dry sliding wear response of ZrB₂-20vol.% MoSi₂ composite. *Materials today: Proceedings* 5, 2, 2, 7174–7183.
17. Hu M., Li K., & Wang J. (2016). Effect of Cr content on the microstructure and thermal properties of ZrSi₂-CrSi₂-SiC multiphase coating for the SiC coated C/C composites. *Ceramics International*, 12, 16, 19357–19364.
18. Tantry S. P., Ramasesh Sh. K., Lee J.-S., & Yano T. (2004). Effect of Double Reinforcements on Elevated-Temperature Strength and Toughness of Molybdenum Disilicide. *J. Amer. Ceram. Soc.*, 87, 4, 626–632.
19. Yue G., Guo X., & Qiao Y. (2021). Oxidation resistance and diffusion behavior of MoSi₂/WSi₂/(Nb,X)Si₂ compound coating at 1400 °C. *Journal of Alloys and Compounds*, 870, 159498.

УДК 622.24.051, 622.156

DOI: 10.33839/2708-731X-24-1-288-296

О.С. Васильчук, аспірант, **А.Л. Майстренко**, чл.-кор. НАН України,
Г.А. Петасюк, д-р техн. наук, **Н.О. Олійник**, **Г.Д. Ільницька**, **О.П. Виноградова**,
А.П. Загора¹, **О.І. Закутевський**², кандидати технічних наук,
Г.А. Базалій, наук. співробітник¹, **М.Ф. Ковтун**, мол. наук. співробітник²

¹Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, вул. Автозаводська, 2, Київ, Україна, 04074, e-mail: oleynik_nonna@ukr.net, otdel9m@ism.kiev.ua

²Інститут сорбції та проблем ендоекології НАН України, вул. Генерала Наумова, 13, Київ, Україна, 03164

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АБРАЗИВНОЇ СКЛАДОВОЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ВСТАВОК З КАМ ДЛЯ ПОРОДОРУЙНІВНОГО ІНСТРУМЕНТУ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДУКТІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКОЇ ПОРОДИ

Виконано дослідження впливу структури композиційного алмазовмісного матеріалу (КАМ) на металевій зв'язці з різною концентрацією і зернистістю абразивної, армівної складової, отриманого методом резистивного електроспікання під тиском до 400 МПа на характеристики шламу при точінні пісковика Торезького родовища. Представлено результати гранулометричного аналізу, хімічного гравіметричного методу, магнітно-фракційного аналізу, системно-аналогового методу, аналізу елементного складу продуктів руйнування гірської породи. Встановлено, що зміна концентрації і зернистості абразивної, армівної складової металічної зв'язки вставки з КАМ корелює зі зміною магнітофракційного і елементного складу. Цей факт дає підставу для розробки методу оцінки зносостійкості композиційного алмазовмісного матеріалу з різним ступенем армування його робочої поверхні з урахуванням зміни хімічного складу шламу.

Ключові слова: функціональні елементи з КАМ, інтенсивність зношування, шлам, питома магнітна сприйнятливості

Ефективність роботи та інтенсивність зношування породоруйнівного алмазовмісного інструменту з вставками з КАМ забезпечується використанням високоміцних термостійких порошків алмазу та відповідних зв'язок [1].

Дослідження закономірностей процесу диспергування частинок матеріалу, який оброблюють, а також впливу технологічних і конструктивних параметрів деталей, інструменту та змащувально-охолоджувального технологічного середовища на ефективність обробки матеріалів – відомий підхід дослідження зношування поверхонь деталей з різних матеріалів [2–5]. Тому представляє інтерес дослідження впливу характеристик самого матеріалу робочої частини інструменту на процес його зношування при обробці гірської породи. Таким чином, дослідження шламу, який утворюється в процесі обробки гірської породи, вивчення впливу концентрації, розмірних характеристик абразивної, армівної складової матричного матеріалу (зв'язки) вставки на характеристики крупності продуктів руйнування гірської породи та вставок (шламу), а також магнітно-фракційний та елементний склад шламу може дати інформацію для встановлення механізмів зношування КАМ та бути корисними для створення нового інструменту та його вдосконалення.

Мета роботи – встановити залежність впливу концентрації, розмірних характеристик абразивної, армівної складової зв'язки вставки з КАМ на характеристики крупності, магнітно-фракційний та елементний склад шламу.

Методика та методи дослідження

Досліджували шлам, який отримували при точінні експериментальними вставками блоку пісковіку Торезького родовища. Вставки було виготовлено методом резистивного електроспінання пропусканням струму 1,2–1,4 кА під тиском 300–400 МПа при температурі до 700–850⁰С. Час спікання 10–20 с [6, 7]. Матеріал зв'язок – металічна зв'язка Ni(94%) – Sn(6%) армована порошком алмазу марки АС 300, зернистістю від 630/500 та АС 200 зернистістю 400/315. Концентрація порошку алмазу – 25; 50; 100 умов.%.

Шлам досліджували хімічним гравіметричним методом, магнітно-фракційним аналізом [8], системно-аналоговим методом з застосуванням приладу *DiaInspect.OSM* (фірма *VOLLSTÄDT DIAMANT GmbH*) [9]. Аналіз елементного складу, в тому числі сумарний вміст Ni та Sn в шламi, визначали з використанням приладу «*X-Ray Fluorescence Spectrometr Elvax*», Сер-01 (Україна).

Результати та їх обговорення

Результати досліджень і випробувань наведено в табл. 1, 2, рис. 1, 2.

Таблиця 1. Характеристики абразивної (армівної) складової, робочої поверхні вставок з КАМ, характеристики шламу

Характеристики								
Порошок алмазу марки АС 300		Робоча поверхня вставок		Шлам				
1	2	3	4	5	6	7	8	
Зернистість	Концентрація, умов. %	Площа поверхні розкритих зерен алмазу, мм ²	Площа різальної поверхні вставки, мм ²	Маса шламу, г	Питома магнітна сприйнятливість шламу, χ , $\times 10^{-8}$, м ³ /кг	Середній діаметр частинок шламу, мкм	Вміст Ni+Sn в шламi, мас. %	
		100	7,639	60,18	88,53	2,75	57,181	0,120
		50	4,246	40,69	61,48	9,02	43,669	0,413
630/500	25	2,442	54,66	62,67	27,13	53,976	0,741	

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
500/400	100	7,215	29,78	47,94	1,81	17,348	0,118
	50	4,799	63,60	35,40	6,70	16,047	0,219
	25	2,497	55,96	52,85	16,78	56,624	0,300
400/315	50	3,959	46,42	56,38	19,40	40,853	0,048
	25	2,502	45,90	36,24	72,57	49,064	0,243

Таблиця 2. Апроксимація кривих інтегрального розподілення частинок шламу за розмірами

Зернист.	Концентрація, умов. %	Апроксимація кривих сумарного виходу (%), кількості частинок шламу	Інтервал середнього діаметра частинок, мкм	Достовірність апроксимації, R^2
630/500	100	$y=46,82 \lg x-11,51$	17–357	0,8684
	50	$y=37,70 \lg x-8,59$	17–565	0,7588
	25	$y=41,48 \lg x-2,25$	17–565	0,8224
400/315	50	$y=35,08 \lg x-16,88$	17–450	0,7523
	25	$y=36,99 \lg x-9,04$	17–565	0,8046

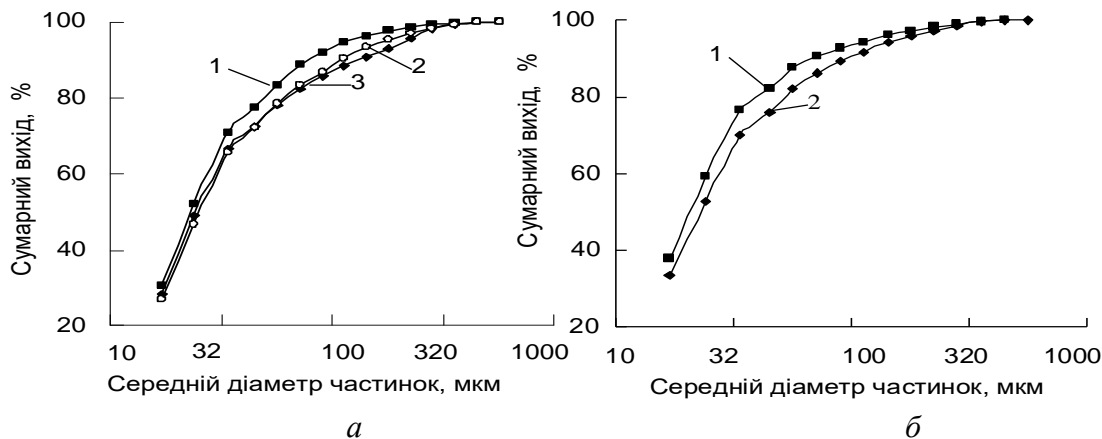


Рис. 1. Характеристика крупності шламу (досліджено частинки менше за 500 мкм), отриманого в результаті випробувань елементів з КАМ з різною концентрацією порошку алмазу: а – марка АС 300 зернистість 630/500. (концентрація алмазного порошку: 1 – 100; 2 – 50, 3 – 25 умов. %); б – марка АС 200 зернистість 400/315 (концентрація алмазного порошку: 1 – 50, 2 – 25 умов. %)

Слід зазначити, що в даній роботі характеристики крупності наведено у полулогарифмічній шкалі, тобто в системі координат « $\lg x-y$ », де x – середній розмір частинок (представлено як $Feret_{max}$, середньоінтервальне значення, мкм), y – сумарний вихід (представлено як сумарна відносна частота, %). На вісях відповідних логарифмічних величин відмічено значення діаметрів частинок шламу. Як відомо, з сумарної характеристики крупності порошку можна встановити вихід порошку будь-якого класу крупності.

Як впливає з результатів, наведених в табл. 1, зниження зернистості та концентрації абразивної складової призводить до зниження середнього розміру частинок шламу, що

узгоджується з результатами дослідження характеристик крупності шламу, отриманого в результаті випробувань елементів з КАМ з різною концентрацією порошку алмазу (досліджено частинки менше за 500 мкм) (рис. 1), їх апроксимацією (табл. 2) та результатами дослідження наведеними у роботах [10–12].

Дослідження хімічного та елементного складу шламу показало, що вміст розчинних складових в шламі наближається до їх вмісту в пісковикі 19,85 мас.% при зернистості 630/500, концентрації 100 умов.%, та збільшується до 21,7 мас.% при зменшенні зернистості і концентрації абразивної складової. Елементний склад шламу представлено хімічними елементами: Si, Cl, K, Ca, Ti, Fe, Ni, Zn, Zr. Сумарний вміст Ni та Sn залежить від характеристик абразивної складової та знаходиться в інтервалі 0,048–0,741 об.%. Використання порошку алмазу у вставці при постійній зернистості та зменшенні концентрації від 100 до 25 умов.% призводить до збільшення вмісту Ni та Sn в шламі від 2,5 до 6,2 разів, а використання постійної концентрації при зменшенні зернистості від 630/500 до 400/315 призводить до зменшення вмісту Ni та Sn в шламі від 3 до 8,6 разів.

Дослідження магнітофракціонного складу шламу показало, що величина питомої магнітної сприйнятливості шламу варіюється в інтервалі $(1,81–72,57) \cdot 10^{-8}$ м³/кг, а магнітна фракція шламу становить від 0,12 до 1 мас.%. При постійній концентрації порошку 50 умов.% та зниженні зернистості від 630/500 до 400/315 питома магнітна сприйнятливість шламу зростає в 2 рази. Використання порошку алмазу у вставці однакової зернистості, але зниження її концентрації призводить до зростання питомої магнітної сприйнятливості шламу і відображає підвищення зношування зв'язки. В процесі руйнування гірської породи та зношування вставки одночасно у шламу потрапляють два феромагнітних метали: Fe та Ni. Зі зменшенням середнього діаметру частинок шламу змінюється вміст феромагнітних елементів у ньому. Вміст Fe в шламі при використанні зернистості 630/500 складає 9,358–9,782 мас.%, а при використанні зернистості 400/315 вміст Fe зростає до 12,508 мас.%.

Розділення шламу в магнітному полі дозволяє отримати фракції матеріалу, які більш ніж в 150 разів відрізняються між собою за величиною питомої магнітної сприйнятливості.

Дослідження форми металічних частинок, які містяться у шламі, показало, що частинки переважно мають форму трикутника і трапеції. Середня величина еквівалентного діаметра описаного кола проєкцій частинок дорівнює 35 мкм. Тому представляло інтерес дослідження характеристик крупності шламу, отриманого в результаті випробувань елементів з КАМ з різною концентрацією порошку алмазу в інтервалі 16–63 мкм. Результати дослідження наведено на рис. 2, табл. 3.

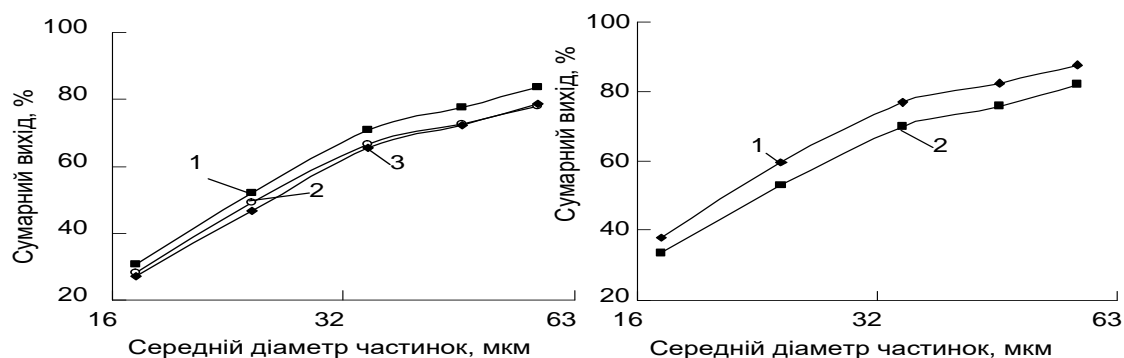


Рис. 2. Характеристика крупності шламу (дослідження частинок менше за 500 мкм, інтервал 16–63 мкм), отриманого в результаті випробувань елементів з КАМ з різною концентрацією порошку алмазу: а – марка АС 300 зернистість 630/500 (концентрація алмазного порошку: 1 – 100, 2 – 50, 3 – 25 умов. %); б – марка АС 200 зернистість 400/315 (концентрація алмазного порошку: 1 – 50, 2 – 25 умов. %)

Таблиця 3. Апроксимація кривих інтегрального розподілення частинок шламу за розмірами в інтервалі 16–63 мкм

Зерни- стість	Концен- трація, умов. %	Апроксимація кривих сумарного виходу (%, кількості частинок) шламу	Інтервал середнього діаметра частинок, мкм	Достовірність апроксимації, R^2
630/500	100	$y=95,23 \lg x-84,82$	16–63	0,9569
	50	$y=101,42 \lg x-90,17$	16–63	0,9641
	25	$y=99,23 \lg x-91,72$	16–63	0,9701
400/315	50	$y=94,24 \lg x-73,43$	16–63	0,9522
	25	$y=92,59 \lg x-76,95$	16–63	0,9660

Як впливає з результатів, наведених на рис. 2, в діапазоні 16–63 мкм при використанні абразивної складової зернистості 630/500 зниження концентрації від 100 до 25 умов. % майже не впливає на характеристики крупності шламу; при використанні абразивної складової зернистості 400/315 та зниженні концентрації з 50 до 25 умов. % характеристики крупності розрізняються незначно. Зміна концентрації абразивної складової в обох випадках суттєво не впливає на характеристики крупності в діапазоні 16–63 мкм.

Висновки

Комплексним дослідженням характеристик шламу обробки пісковіку Торезького родовища експериментальними вставками з КАМ встановлено:

- зменшення зернистості абразивної складової, а також зниження її концентрації призводить до тенденції зниження середнього розміру частинок шламу; як правило, металеві частинки відповідають формам трикутника або трапеції; величина еквівалентного діаметра описаного кола проєкцій в середньому становить 35 мкм;

- вміст розчинних складових в шламі становить 19,85 мас. % і збільшується до 21,7 мас. % при зниженні зернистості і концентрації абразивної складової;

- елементний склад шламу містить: Si, Cl, K, Ca, Ti, Fe, Ni, Zn, Zr. Сумарний вміст Ni і Sn змінюється від 0,048 до 0,741 об. % та залежить від характеристик абразивної, армівної складової вставки. Використання постійної зернистості і зменшення її концентрації від 100 до 25 умов. % призводить до збільшення сумарного вмісту Ni і Sn в шламі від 2,5 до 6,2 разів. Використання постійної концентрації і зменшення її зернистості від 630/500 до 400/315 призводить до зменшення сумарного вмісту Ni і Sn в шламі в 8,6 раз і 3 рази, відповідно;

- величина питомої магнітної сприйнятливості шламу, яка становить $(1,81-72,57) \cdot 10^{-8}$ м³/кг, залежить від характеристик абразивної, армівної складової вставок. За умов використання постійної концентрації абразивної складової 50 і 100 умов. % при зниженні зернистості від 630/500 до 400/315 питома магнітна сприйнятливість шламу зростає до 2 разів. Використання однакової зернистості при зниженні її концентрації призводить до зростання величини питомої магнітної сприйнятливості шламу. Це корелює з інтенсифікацією зношування і зростанням вмісту Fe від 9,358–9,782 мас.% до 12,508 мас.%.

Таким чином, зміна концентрації і зернистості абразивної, армівної складової металічної зв'язки Ni(94%) – Sn(6%) вставки з КАМ корелює зі зміною магнітофракційного і елементного складу. Цей факт дає підставу для розробки методу оцінки зносостійкості композиційного алмазовмісного матеріалу з різним ступенем армування його робочої поверхні з урахуванням зміни хімічного складу шламу.

A.L. Maystrenko, G.A. Petasyuk, N.O. Oliinyk, G.D. Ilnitska, O.P. Vynohradova, A.P. Zakora,
O.S. Vasylichuk¹, O.I. Zakutevskyi², G.A. Bazaliy¹, M.F. Kovtun²

¹V. Bakul Institute for Superhard Materials National Academy of Sciences of Ukraine

²Institute for Sorption and Problems of Endoecology National Academy of Sciences of Ukraine

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE ABRASIVE COMPONENT OF EXPERIMENTAL CDM INSERTS FOR A ROCK-DESTROYING TOOL ON THE CHARACTERISTICS OF ROCK DESTRUCTION PRODUCTS

The results of studying the effect of the structure of a composite diamond-containing material (KAM) on a metal bond, obtained by the method of resistive electric sintering under a pressure of up to 400 MPa, on the intensity of its wear when turning sandstone from the Torez deposit are presented. Tests of KAM elements for wear resistance of diamond-containing functional elements with different degrees of reinforcement with diamond powder were carried out on an experimental stand. The sludge was investigated by particle size analysis, chemical gravimetric method, magnetic fractional analysis, system-analogue method. The elemental composition of the products of destruction of rocks has been determined. It has been established that a decrease in grain size and concentration leads to a decrease in the average size of sludge particles; sludge element composition – Si, Cl, K, Ca, Ti, Fe, Ni, Zn, Sn, Zr. The total content of Ni and Sn varies in the range from 0.048 to 0.741 vol.%. The specific magnetic susceptibility of the cuttings varies in the range (1.81–72.57) · 10⁻⁸ m³ / kg. The influence of changes in the concentration and grain size of the reinforcing component correlates with changes in the magneto-fractional and elemental composition and the intensity of bond wear. This fact provides a basis for the development of a method for assessing the wear resistance of a composite diamond-containing material with a different degree of reinforcement of its working surface, taking into account changes in the chemical composition of the sludge.

Key words: functional elements made of KAM, wear rate, sludge, specific magnetic susceptibility

А.Л. Майстренко, Г.А. Петасюк, Н.А. Олейник, Г.Д. Ильницкая, Е.П. Виноградова,
А.П. Загора, А.С. Васильчук¹, О.И. Закутевский², Г.А. Базалий¹, М.Ф. Ковтун²

¹Институт сверхтвёрдых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины

²Институт сорбции и проблем эндоэкологии НАН Украины

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АБРАЗИВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ВСТАВОК ИЗ КАМ ДЛЯ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДУКТОВ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНОЙ ПОРОДЫ

Выполнено исследование влияния структуры композиционного алмазосодержащего материала (КАМ) на металлической связке с разной концентрацией и зернистостью абразивной, армирующей составляющей, полученного методом резистивного электроспекания под давлением до 400 МПа на характеристики шлама при точении песчаника Торезского месторождения. Представлены результаты гранулометрического анализа, химического гравиметрического метода магнитно-фракционного анализа, системно-аналогового метода, анализа элементного состава продуктов разрушения горной породы. Установлено, что изменение концентрации и зернистости абразивной, армирующей составляющей металлической связки вставки из КАМ коррелирует с изменением магнитофракционного и элементного состава. Этот факт дает основание для разработки метода оценки износостойкости композиционного алмазосодержащего материала с различной степенью армирования его рабочей поверхности с учетом изменения химического состава шлама.

Ключевые слова: функциональные элементы из КАМ, интенсивность изнашивания, шлам, удельная магнитная восприимчивость.

Література

1. Майстренко А. Л. Формирование структуры композиционных алмазосодержащих материалов в технологических процессах. – К: Наукова думка, 2014. – 342 с.
2. Филатов Ю. Д. Формообразование прецизионных плоскооптических поверхностей при полировании // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. Сб. науч. тр. – Вып. 10. – К: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2007. – С. 442–448.
3. Filatov Yu. D. Mechanism of formation of surface microrelief in machining glass // Soviet Journal of Superhard Materials. – 1991. – V. 13, N 5, – P. 63–67.
4. Rogov V. V., Filatov Yu. D., Kottler W., Sobol V. P. New technology of precision polishing of glass optic // Optical Engineering. – 2001. – V. 40.– P. 1641–1645.
5. Filatov Yu. D. Polishing of aluminosilicate materials with bound abrasive tools // Journal of Superhard Materials. – 2001. – V. 23, N 3. – P. 32–42.
6. Shmegeera R. S., Kushch V. I., Maistrenko A. L. Metal binder based on nickel for an intensive electrosintering of diamond-containing composites // Journal of Superhard Materials. – 2014. – V. 36, N 6. – P. 393–400.
7. Шмегера Р.С., Сердюк В.М., Супрун М.В. Інтенсивне електроспінання алмазних бурових коронок та результати їх стендових досліджень // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. Сб. науч. тр.– Вып.18. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2015. – С. 109–113.
8. М 23.9–339:2020. Методика оцінки магнітофракційного складу продуктів руйнування гірської породи та алмазовмісного композиційного матеріалу на металевих з'язках в магнітному полі. – К.: ІНМ ім. В. М. Бакуля НАН України, 2020. – 9 с.
9. Petasyuk G. A. System and criterial method of the identification and quantitative estimation of the geometrical shape of the abrasive powder grains projection // Powder Technology. – 2014. – V. 264. – P. 78–85.
10. Виноградова О.П., Петасюк Г.А., Васильчук О.С., Майстренко А.Л., Стельмах О.У., Манохін А.С. Геометричні параметри частинок продуктів зношування матричного матеріалу у породоруйнівних елементах із композиційного алмазовмісного матеріалу, вилучених методом магнітної сепарації зі шламу / Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики: матеріали міжнародної конференції (29–31 травня 2019 року). – Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019.
11. Майстренко А.Л. Вплив абразивної складової КАМ на формування характеристики крупності шламу, який отримують при обробці гірської породи / А.Л. Майстренко, Н.О. Олійник, О.П.Виноградова, Г.А. Петасюк, Г.Д. Ільницька, О.С. Васильчук, Г.А.Базалій // Сучасні питання виробництва та ремонту в промисловості і на транспорті: матеріали Міжнародного науково-технічного семінару (15–19 березня 2021 року, м. Львів). – Київ: АТМ України, 2021. – С. 76–78.
12. Виноградова О.П. Аналіз продуктів зношування композиційного алмазовмісного матеріалу / О.П. Виноградова, А.Л. Майстренко, Р.С. Шмегера, А.С. Манохін, Г.Д.Ільницька, Н.О. Олійник, Г.А. Петасюк, В.М. Ткач, О.С. Васильчук, Л.М. Бологова // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. Сб. науч. тр.– Вып. 22. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2019. – С.93–102.

Надійшла 14.06.21

References

1. Maistrenko, A. L. (2014). *Formirovanie struktury kompozitsionnykhalmazosoderzhashchikh materialov v tekhnologicheskikh protsessakh*. [The formation of the structure of composite diamond-containing materials in technological processes]. Kiev: Naukova dumka [in Russian].
2. Filatov, Yu. D. (2007). Formoobrazovanie prezisionnykh ploskoopticheskikh poverkhnostei pri polirovani. [Shaping of precision flat-optic surfaces during polishing]. *Porodorazrushaiushchii i metalloobrabatyvaiushchii instrument – tekhnika i tekhnolohiia ego izgotovleniia i primeneniia – Rock Destruction and Metal-Working Tools – Techniques and Technology of the Tool Production and Applications*, 10, 442–448 [in Russian].
3. Filatov, Yu. D. (1991) Mechanism of formation of surface microrelief in machining glass. *Soviet Journal of Superhard Materials*, 13, 5, 63–67.
4. Rogov, V. V., Filatov, Yu. D., Kottler, W., & Sobol, V. P. (2001). New technology of precision polishing of glass optic. *Optical Engineering*, 40, 1641–1645.
5. Filatov, Yu. D. (2001) Polishing of aluminosilicate materials with bound abrasive tools. *Journal of Superhard Materials*, 23, 3, 32–42.
6. Shmegeera, R. S., Kushch, V. I., & Maistrenko, A. L. (2014). Metal binder based on nickel for an intensive electrosintering of diamond-containing composites. *Journal of Superhard Materials*, 36, 6, 393–400.
7. Shmegeera, R. S., Serdyuk, V. M., & Suprun, M.V. (2015). Intensyvne elektropikannyaalmaznykh burovnykh koronok ta rezultaty ikh stendovykh doslidzhen. [Intensive electric sintering of diamond drill bits and results of their bench researches]. *Porodorazrushaiushchii i metalloobrabatyvaiushchii instrument – tekhnika i tekhnolohiia ego izgotovleniia i primeneniia – Rock Destruction and Metal-Working Tools – Techniques and Technology of the Tool Production and Applications*, 18, 109–113 [in Ukrainian].
8. Metodyka otsinky mahnitofraktsinoho skladu produktiv ruinovannia hirskei porody taalmazovmisnogo kompozytsiynoho materialu na metalevykh zviazkakh v mahnitnomu poli. [Methods for estimating the magnetofractional composition of rock destruction products and diamond-containing composite material on metal bonds in a magnetic field]. (2020). *M 23.9–339:2020*. Kyiv: INM im. V. M. Bakulia NAN Ukrainy [in Ukrainian].
9. Petasyuk, G. A. (2014). System and criterial method of the identification and quantitative estimation of the geometrical shape of the abrasive powder grains projection. *Powder Technology*, 264, 78–85.
10. Vynohradova, O. P., Petasyuk, H.A., Vasilchuk, O. S., et al. (2019). Heometrychni parametry chastynok produktiv znoshuvannya matrychnoho materialu u porodoruynivnykh elementakh iz kompozytsiynohoalmazovmisnoho materialu, vyluchenykh metodom mahnitnoyi separatsiyi zi shlamu. [Geometrical parameters of particles of wear products of matrix material in rock-destroying elements from composite diamond-containing material extracted by the method of magnetic separation from sludge]. Proceedings from Problems of geoengineering and underground urbanism'19: *Mezhdunarodnaia konferentsiia (29–31 travnya 2019 roku) – International Conference*. Kyiv: NTUU «KPI im. Igorya Sikorskogo» [in Ukrainian].
11. Maistrenko, A. L., Oliinyk, N.O., Vynohradova, O. P., et al. (2021). Vplyv abrazyvnoyi skladovoyi KAM na formuvannya kharakterystyky krupnosti shlamu, yakyy otrymuyut pry obrobsi hirskei porody. [The influence of the abrasive component of KAM on the formation of the characteristics of the size of the sludge, which is obtained during the processing of rock]. Proceedings from Modern issues of production and repair in industry and transport'21: *Mizhnarodnyi naukovy-tekhnichnyi seminar (15–19 bereznya 2021 roku) – International scientific and technical seminar*. (pp. 76–78). Kyiv: ATM Ukrainy [in Ukrainian].

12. Vynohradova, O. P., Maistrenko, A. L., Shmegeera, et al. (2019). Analiz produktiv znoshuvannya kompozytsiynohoalmazovmishnoho materialu. [Analysis of wear products of composite diamond-containing material]. *Porodorazrushaiushchii i metallobrabatyvaiushchii instrument – tekhnika i tekhnolohiia eho izgotovleniia i primeneniia – Rock Destruction and Metal-Working Tools – Techniques and Technology of the Tool Production and Applications*, 22, 93–102 [in Ukrainian].

УДК 621.921.3, 621.921.34-492.2:621.922.02

DOI: 10.33839/2708-731X-24-1-296-307

В.Г. Полторацький, канд. техн. наук; **О.О. Бочечка**, **В.І. Лавріненко**, доктори технічних наук; **О.В. Лещенко**; **О.О. Пасічний**, канд. техн. наук; **В.П. Білоченко**, **В.В. Білорусець**

*Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, 04074, Київ,
вул. Автозаводська, 2; e-mail: vg.poltoratsky@gmail.com; olesh@ism.kiev.ua*

ФОРМУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО БАГАТОКОМПОНЕНТНОГО ТЕРМОСТАБІЛЬНОГО ЗНОСОСТІЙКОГО ПОКРИТТЯ НА ПОВЕРХНІ ЗЕРЕН ШЛІФПОРОШКІВ АБРАЗИВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Досліджено процес нанесення багатокомпонентного комбінованого кисневмісного покриття на зерна шліфпорошків, призначених для виготовлення шліфувальних кругів, з метою підвищення термостабільності та зносостійкості інструменту.

Задача дослідження – розробка методу рідиннофазної обробки зерен шліфпорошків багатокомпонентними комбінованими кисне-, силікато- та карбідовмісними речовинами (розчинні оксиди та силікати, нерозчинні – активовані механохімічним методом – оксиди і карбіди), в результаті чого на зернах абразиву утворюються термостабільні зносостійкі покриття.

Розроблено базову технологію нанесення на зерна шліфпорошків багатокомпонентного комбінованого покриття з суспензії розчинних та нерозчинних оксидів (B_2O_3 , Al_2O_3).

Подуються результати використання абразивних порошоків з комбінованим покриттям в алмазно-абразивному інструменті.

Ключові слова: шліфпорошки, синтетичний алмаз, кубічний нітрид бору (cBN), композиційні шліфпорошки, оксиди, багатокомпонентні комбіновані покриття, термостабільність, зносостійкість.

Вступ

Для промисловості України існує нагальна проблема в розробці та створенні багатофункціональних надтвердих композиційних матеріалів з підвищеною термостабільністю та зносостійкістю, що може бути досягнуто за рахунок нанесення термозахисного комбінованого багатокомпонентного оксидно-силікато-карбідного покриття на зерна абразиву – адже застосування таких матеріалів в робочому шарі кругів з надтвердих матеріалів дозволить зекономити дороговартісні надтверді шліфпорошки з синтетичного алмазу та кубічного нітриду бору (cBN).

Сучасні технології абразивної обробки матеріалів потребують використання в абразивному інструменту порошоків з унікальними властивостями тер-мостабільності та зносостійкості, специфічною морфологією зерен, що покращує процес модифікування, з підвищеними хімічною і термічною стійкістю.