

- micropowders on the strength and durability of polycrystalline superhard materials made on their basis]. *Porodorazrushaiushchii i metalloobrabatyvaiushchii instrument – tekhnika i tekhnologiya ego izgotovleniia i primeneniia – Rock Destruction and Metal-Working Tools – Techniques and Technology of the Tool Production and Applications*, 11, 218–221 [in Russian].
6. Poroshky almazni syntetychni. Zahalni tekhnichni umovy [Synthetic diamond powders. General technical conditions]. (1995). *DSTU 3292-95 from 01th January 1997*. Kyiv: DP «UkrNDNTs» [in Ukrainian].
 7. Dronova, N.D., & Kuzmina, I.E. (2004). *Harakteristika i otsenka almaznogo siria [Characterization and evaluation of rough diamonds]*. Moscow: MGGU [in Russian].
 8. Kadomskii, S.V. (2016). *Vzayemozaminnist, standartizatsiia ta tekhnichni vimiruvannia detalei mashin [Interchangeability, standardization and technical measurements of machine parts]*. Kyiv: NUKhT [in Ukrainian].
 9. Ophthalmic optics and instruments - optical devices for enhancing low vision (2021). *ISO 15253:2000 from 21th July 2021*. Comite Europeen de Normalisation.
 10. Hardmetals – Compression test (2018). *ISO 4506:2018*. Comite Europeen de Normalisation.

УДК 621.921.3, 621.921.34-492.2:621.922.02

DOI: 10.33839/2708-731X-25-1-192-199

В.Г. Полторацький, канд. техн. наук; **О.О. Бочечка**, **В.І. Лавріненко**, доктори технічних наук; **О.В. Лешенко**; **В.П. Білоченко**; **Я.Л. Сільченко**; **С.О. Лисовенко**, **О.О. Пасічний**, **Г.Д. Ільницька**, **І.М. Зайцева**, кандидати технічних наук

*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 ТЕРМОСТАБІЛЬНИХ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ НА ПОВЕРХНІ ЗЕРЕН ШЛІФПОРОШКІВ З СУМІШЕЮ РОЗЧИННИХ ТА НЕРОЗЧИННИХ КИСНЕ-, СИЛКАТО- ТА КАРБІДОВІСНИХ АКТИВОВАНИХ КОМПОНЕНТІВ

Задача дослідження – розробка процесу рідиннофазного нанесення на зерна шліфпорошків багатокомпонентних комбінованих кисне-, силкато- та карбідовмісних речовин (розчинні оксиди та силікати, нерозчинні оксиди і карбіди, активовані механохімічним методом), в результаті чого на зернах абразиву утворюються термостабільні зносостійкі покриття.

Розроблено базову технологію формування комбінованих термостабільних зносостійких покриттів на шліфпорошки (алмаз, cBN, композиційні порошки). До складу покриття входять кисне- (B_2O_3 , TiO_2 , SiO_2 , Al_2O_3 , TiO , CaO , ZnO , CeO_2 , SnO_2), силкато- ($Na_2O(SiO_2)_n$, $K_2O(SiO_2)_n$) та карбідовмісні (SiC , TiC , B_4C) сполуки у різних поєднаннях.

Визначено термостабільність, магнітні та електрофізичні характеристики, технологічні властивості досліджуваних зразків шліфпорошків – первинних та з нанесеним покриттям.

Надано результати використання абразивних порошків з комбінованими покриттями (з модифікованою поверхнею зерен) в алмазно-абразивному інструменті.

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

Вступ

Аналіз науково-технічної та патентної інформації показав, що вчені нашої країни та інших країн світу (США, Великобританія, ФРН, Японія та Китай) займаються проблемами модифікування та використання міцних абразивних порошків та компактів на їх основі [1–6].

Основним напрямком використання шліфпорошків абразивного призначення, на поверхню зерен яких нанесено комбіновані багатокомпонентні термостабільні зносостійкі кисне-, силікато- та карбідовмісні покриття (суміші розчинних та нерозчинних компонентів), є машинобудування (шліфування та полірування загартованих і сирих сталей та твердих сплавів).

Зважаючи на актуальність цієї проблеми, необхідно вважати доцільним проведення досліджень як зі створення технології отримання порошків, так і з визначення фізико-механічних, структурних, міцнісних, абразивних характеристик та експлуатаційних властивостей шліфпорошків абразивного призначення з комбінованими багатокомпонентними термостабільними зносостійкими покриттями на поверхні зерен, використання яких має підвищити ефективність шліфувального інструменту.

Мета роботи – розробка процесу формування термостабільних зносостійких покриттів на поверхні зерен шліфпорошків абразивного призначення з сумішею розчинних та нерозчинних кисне-, силікато- та карбідовмісних активованих компонентів.

Матеріали, обладнання, методи досліджень

Для проведення досліджень було відібрано усереднені проби первинних матеріалів:

- шліфпорошок синтетичного алмазу АС6 125/100;
- шліфпорошок кубічного нітриду бору КВ 125/100;
- композиційний шліфпорошок з компактів на основі мікропорошків сBN К_п 250/200, К_п 125/100.

Також було підготовлено розчинні та нерозчинні речовини для нанесення комбінованих (суміш розчинних та нерозчинних компонентів) кисне-, силікато- та карбідовмісних покриттів: оксиди (В₂О₃ (порошок), В₂О₃ (ниткоподібний), TiO₂, SiO₂, Al₂O₃, TiO, CaO, ZnO, CeO₂, SnO₂), силікати (Na₂O(SiO₂)_n, K₂O(SiO₂)_n), та карбіди (SiC, TiC, B₄C).

Попередньо нерозчинні компоненти (оксиди та карбіди) було активовано механохімічним методом на планетарному та вібраційному млинах [7].

Нанесення покриттів на шліфпорошки проводилось методом рідиннофазного нанесення з водної суспензії [7, 8] на стандартному обладнанні [9], доповненому піщаною банею.

Термостабільність досліджуваних зразків шліфпорошків – первинних та з покриттям – було визначено методом термогравіметрії на відповідній установці, за результатами було вираховано коефіцієнт термостійкості К_{тс} [9].

Зразки було досліджено методом електронної мікроскопії, визначення елементного складу зерен порошків з нанесеним комбінованим термостабільним покриттям було виконано методом рентгенографії.

Морфометричні характеристики шліфпорошків з нанесеним на зерна покривом та ступень покриття зерен було визначено із застосуванням приладу *DiaInspect.OSM* [10].

Експлуатаційні показники шліфувальних кругів (зносостійкість та якість обробленої поверхні) було визначено на стенді, створеному на базі модернізованого універсально-заточного станка моделі ЗВ642, та із використанням профілографа-профілометра *SurfTest SJ-201* (фірма *Mitutoyo*, Японія) [11, 12].

Було також визначено характеристики початкових та модифікованих шліфпорошків (порошків з нанесеним покриттям): магнітні, електрофізичні та технологічні властивості.

Методика експерименту та результати

Розроблено базову технологію рідиннофазного формування на зернах шліфпорошків (алмаз, сBN, композиційні порошки) комбінованих термостабільних зносостійких покриттів. До складу покриття входять кисне- (В₂О₃, TiO₂, SiO₂, Al₂O₃, TiO, CaO, ZnO, CeO₂, SnO₂),

силікато- ($\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$, $\text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$), та карбідомісні сполуки (SiC , TiC , B_4C) у різних сполученнях. Попередньо нерозчинні компоненти активовано механохімічним методом.

Спочатку було підготовлено насичений водний розчин борного ангідриду (B_2O_3). До 10–15 мл цього розчину додавали 0,3–0,5 г порошку активованого нерозчинного оксиду (TiO_2 , SiO_2 , Al_2O_3 , TiO , CaO , ZnO , CeO_2 , SnO_2) та/або нерозчинного карбїду (SiC , TiC , B_4C).

Абразивний порошок (маса зразка порошку для досліду – 25–30 ст), на який має бути нанесено покриття, змішували з 10–15 мл насиченого розчину речовини-модифікатора (борний ангідрид та нерозчинний оксид та/або карбїд) із застосуванням магнітної мішалки протягом 10 хв. при нормальних умовах. Надлишок розчину зливали, залишену суміш фільтрували. Осад на фільтрі додавали до основної маси модифікованого порошку. Отриману вологу масу порошку висушували, розмішуючи, при температурі 120°C до сухого однорідного стану.

Процес формування покриття, що складається переважно з карбїдів (B_4C , SiC , TiC) та силікатів ($\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$, $\text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$), є дещо відмінним від попереднього. В суміш з 10 г абразиву, 0,5 г карбїду (або оксиду), 0,5 г силікату, 3 г борного ангідриду (B_2O_3) додавали 5 мл води та ретельно перемішували. Отриману суспензію ставили на піщану баню, нагріту до $95\text{--}99^\circ\text{C}$, перемішуючи до розчинення як B_2O_3 , так і $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$. Нагрівання продовжували, розтираючи суміш до сухого однорідного стану.

Після нанесення покриття було визначено відносну кількість речовини-модифікатора методом гравіметрії, а також зміну термостійкості порошків з покриттям (модифікованих).

Було проведено термічну обробку як вихідних, так і модифікованих зразків в повітряному середовищі в трубчастій печі при температурі 900°C протягом 1 год. Зразки було зважено до і після нагрівання, по результатах зважування було визначено коефіцієнт термостійкості $K_{\text{тс}}$. Так, значення $K_{\text{тс}}$ для початкового шліфпорошку АС6 125/100 становить 0,55, а для того ж шліфпорошку, модифікованого сумішшю розчинного та нерозчинного оксидів: $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ (або: SiO_2 , TiO_2 , SnO_2 , CeO_2 ; CaO , ZnO), значення $K_{\text{тс}}$ становить 0,95–0,97.

Було виготовлено на планетарному млині механохімічним методом із застосуванням механічної активації (час активації 10 хв.) 3000 каратів нано- та субмікропорошків нерозчинних оксидів (TiO_2 , SiO_2 , CeO_2 , SnO_2 ; B_2O_3 , Al_2O_3 , TiO , CaO) з активацією поверхні цих порошків для утворення комбінованого кисне- та карбідомісного покриття. На вібраційному млині виготовлено 5000 каратів активованих оксидів (час активації 20 хв.).

Вихід активованих порошків оксидів – $\sim 90\%$ (в середньому), фракція 1/0 мкм складає 70% , в тому числі фракція 0.5/0 мкм – 20% .

Активовані порошки нерозчинних оксидів було використано для формування покриття на зернах шліфпорошків: АС6 125/100 (по 50 карат кожного оксиду), КВ 125/100 (по 50 карат кожного оксиду), Кп 125/100 (по 50 карат кожного оксиду).

На шліфпорошки синтетичного алмазу АС6 125/100, на шліфпорошки кубічного нітриду бору КВ 125/100 та на композиційні порошки Кп 125/100, Кп 250/200 було нанесено комбіновані покриття:

АС6 125/100	$\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n / \text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{SiC}$	– 50 карат,
	$\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n / \text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{TiC}$	– 50 карат,
	$\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n / \text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{B}_4\text{C}$	– 50 карат.
КВ 125/100	$\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n / \text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{SiC}$	– 50 карат,
	$\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n / \text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{TiC}$	– 50 карат,
	$\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n / \text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{B}_4\text{C}$	– 50 карат.
Кп 125/100	$\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n / \text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{B}_4\text{C}$	– 50 карат,
Кп 250/200	$\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n / \text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{TiC}$	– 50 карат.

Також було нанесено комбіновані покриття на шліфпорошки синтетичного алмазу високої міцності АС300 200/160, АС300 500/400:

АС300 200/160 $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{TiC} - 40$ карат,

АС300 500/400 $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{TiC} - 40$ карат.

Результати проведених дослідів показують значне підвищення термостійкості абразивних порошків – в середньому на 40 % – після нанесення покриття з суміші розчинних (оксиди та силікати) та нерозчинних (оксиди та карбіди) компонентів.

Також визначено характеристики початкових та модифікованих шліфпорошків (порошків з нанесеним покриттям):

- магнітні (питома магнітна сприйнятливість, $\chi \cdot 10^{-8}$, м³/кг):
початкові: 3.5 – 5.1, з покриттям: 50.3 – 1500.5;
- електрофізичні (питомий електроопір, ρ , Ом·см):
початкові: $1.1 \cdot 10^{10}$, з покриттям: $9.5 \cdot 10^8 - 2.1 \cdot 10^9$;
- та технологічні властивості:
термостабільність (коефіцієнт термостабільності, K_T):
початкові: 0.63, з покриттям: 0.97 – 0.99;
загальний вміст домішок: 0.35 – 0.15; вміст металічних домішок: 0.15 – 0.74;
питома поверхня, S_p , м²/кг: початкові: 46, з покриттям: 57 – 73;
насіпна густина, кг/м³: початкові: 1.71, з покриттям: 1.35 – 1.57.

На рис. 1 показано зовнішній вигляд зразка композиційного матеріалу Кп 125/100 з нанесеним багатокомпонентним комбінованим покриттям ($\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{B}_4\text{C}$).

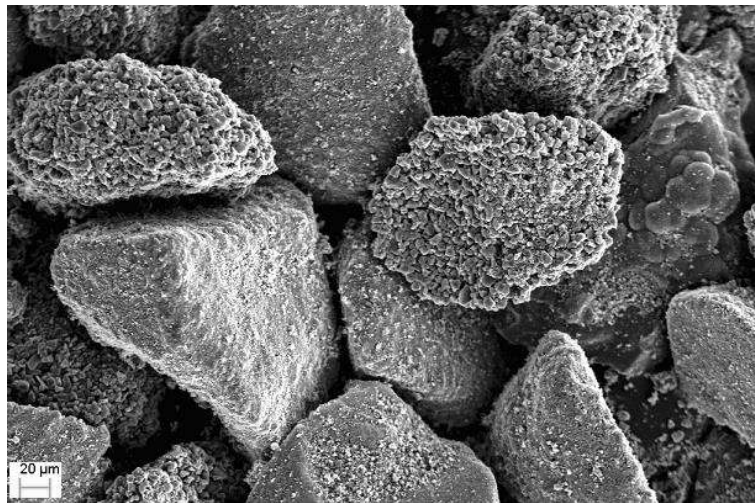


Рис. 1. Зразок композиційного матеріалу Кп 125/100 з багатокомпонентним комбінованим покриттям: $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{B}_4\text{C}$ (активований)

На рис. 2 показано рентгенограми абразивних порошків з нанесеним на зерна комбінованим покриттям з суміші розчинних та нерозчинних кисневмісних компонентів. Зразки знімались у мідному випромінюванні. Кювета зі зразком накривалась алюмінієвою фольгою для запобігання висипанню зразка, тому на рентгенограмі наявні лінії Al.

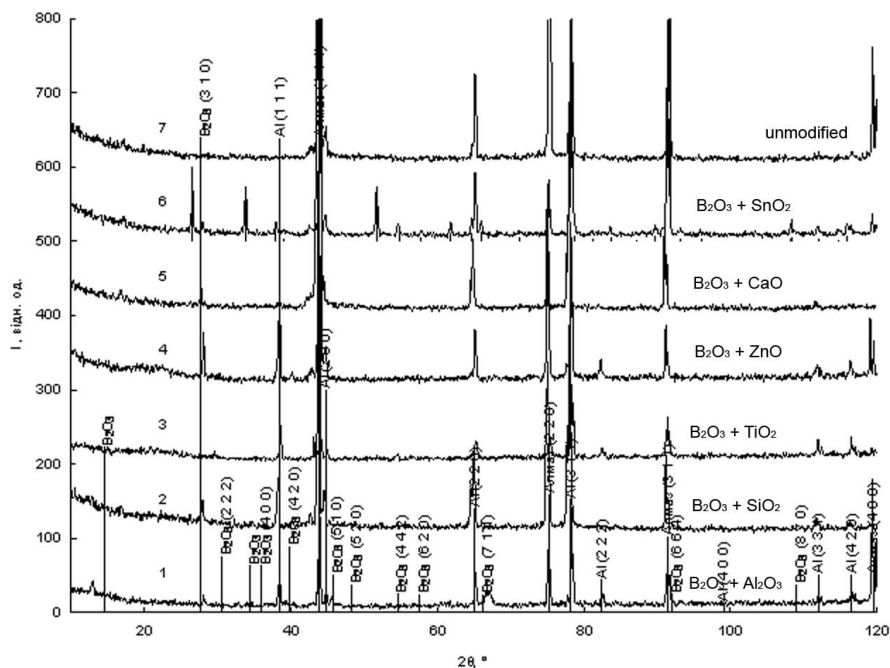


Рис. 2. Рентгенограма зразків синтетичного алмазу AC6 125/100: з покриттям: 1 – B₂O₃ + Al₂O₃, 2 – B₂O₃ + SiO₂, 3 – B₂O₃ + TiO₂, 4 – B₂O₃ + ZnO, 5 – B₂O₃ + CaO, 6 – B₂O₃ + SnO₂; та початкового (7) – без покриття (unmodified)

Дослідні зразки шліфпорошків з нанесеними комбінованими термостабільними зносостійкими покриттями було використано для виготовлення шліфувальних кругів.

Було досліджено особливості зв'язку між параметрами шорсткості обробленої поверхні за умови шліфування кругами із суміші шліфпорошків НТМ з модифікованою поверхнею зерен [11].

Також було досліджено особливості формозміни ріжучої поверхні шліфувального круга у коловому напрямку під час шліфування кругами із сумішшю шліфпорошків НТМ та з модифікованою поверхнею зерен [12].

Встановлено, що при підвищенні собівартості виготовлення покриття тільки на 9–11 %, модифікування зерен абразиву шліфувальних кругів підвищує зносостійкість кругів в 1.5–2 рази.

Висновки

1. Розроблено базову технологію формування термостабільних зносостійких покриттів на поверхні зерен шліфпорошків (алмаз, cBN, композиційні порошки) з сумішею розчинних та нерозчинних кисне- (B₂O₃, TiO₂, SiO₂, Al₂O₃, TiO, CaO, ZnO, CeO₂, SnO₂), силікато- (Na₂O(SiO₂)_n, K₂O(SiO₂)_n) та карбидовмісних (SiC, TiC, B₄C) сполук у різних поєднаннях.

2. Розроблено та виготовлено механохімічним методом із застосуванням механічної активації в енергонапружених подрібнюючих апаратах (планетарний млин, вібраційний млин) нано- та субмікропорошки нерозчинних оксидів та карбідів з активацією поверхні цих порошків для утворення комбінованого кисне- та карбидовмісного покриття.

3. Активовані порошки нерозчинних оксидів і карбідів та силікати було використано для формування покриття на зернах шліфпорошків: AC6 125/100, KB 125/100, Кп 125/100.

4. Визначено термостабільність, магнітні та електрофізичні характеристики, технологічні властивості досліджуваних зразків шліфпорошків – первинних та з нанесеним покриттям.

5. Визначено морфометричні характеристики шліфпорошків з нанесеним на зерна покривом та ступень покриття зерен.

6. Досліджено експлуатаційні характеристики інструменту (шліфувальні круги) з шліфпорошками з нанесеним комбінованим термостабільним зносостійким покриттям. Встановлено, що при підвищенні собівартості виготовлення покриття тільки на 9–11 %, модифікування зерен абразиву шліфувальних кругів підвищує зносостійкість кругів в 1.5–2 рази.

Автори висловлюють подяку д.т.н. Петасюку Г.А. – за визначення морфометричних характеристик шліфпорошків та розрахунок значення ступеню і товщини покриття, та к.т.н. Романко Л.О. – за визначення електрофізичних характеристик.

**V.G. Poltoratskii, O.O. Bochechka, V.I. Lavrinenko, O.V. Leshchenko, V.P. Bilochenko,
Ya.L. Silchenko, S.O. Lysovenko, O.O. Pasichnyi, G.D. Pnytska, I.M. Zaitseva**

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

FORMATION OF THERMOSTABLE WEAR-RESISTANT COATINGS ON THE SURFACE OF GRAINS OF GRINDING POWDERS FROM A MIXTURE OF SOLUBLE AND INSOLUBLE OXYGEN-, SILICATE- AND CARBIDE-CONTAINING ACTIVATED COMPONENTS

The purpose of the study is to develop the process of liquid-phase application of multicomponent combined oxygen-, silicate- and carbide-containing substances (soluble oxides and silicates, insoluble oxides and carbides activated by the mechanochemical method) to grinding powder grains, as a result of which thermostable coatings are formed on the grains of the abrasive.

The basic technology of formation of the combined thermostable wear-resistant coatings on grinding powders (diamond, cBN, composite powders) is developed.

The coating consists of oxygen- (B_2O_3 , TiO_2 , SiO_2 , Al_2O_3 , TiO , CaO , ZnO , CeO_2 , SnO_2), silicate- ($Na_2O(SiO_2)_n$, $K_2O(SiO_2)_n$) and carbide- (SiC , TiC , B_4C) containing compounds in various combinations.

The thermal stability, magnetic and electrophysical characteristics, technological properties of the studied samples of grinding powders (initial and coated) were determined.

The results of using abrasive powders with combined coatings (with a modified grain surface) in a diamond-abrasive tool are presented.

Key words: *grinding powders, synthetic diamond, cubic boron nitride (cBN), composite grinding powders, oxides, silicates, carbides, multicomponent combined coatings, thermal stability, wear resistance, performance.*

Література

1. Morisada Y., Miyamoto Y., Moriguchi H., Tsuduki K., Ikegaya A. Growth Mechanism of Nanometer-Sized SiC and Oxidation Resistance of SiC-Coated Diamond Particles. // Journal of The American Ceramic Society. – 2008. – Vol. 87, N 5, – P.809–813.
2. Sun Y., Meng Q., Qian M., Liu B., Gao K., Ma Y., Wen M., Zheng W. Enhancement of oxidation resistance via a self-healing boron carbide coating on diamond particles. // Scientific Reports. – 2016. – Vol. 6. – 20198.
3. Wang Y., Yuan Y., Cheng X., Li X., Zang J., Lu J., Yu Y., Xu X. Inhibiting the oxidation of diamond during preparing the vitrified dental grinding tools by depositing a ZnO coating using direct urea precipitation method. // Materials Science and Engineering: C. – 2015. – Vol. 53, N 1. – 23–28.
4. Patent Application Publication 2021/0002534 A1 USA C09K3/14, C04B 35/573. SiC-bound hard material particles, porous component formed with SiC-bound diamond particles, method of producing same and use thereof. / B. Matthey, S. Kunze, M. Herrmann. – Publ. 07.01.21.

5. Patent Application Publication 2020/0139511 A1 USA B24D 3/34, C09K3/14. Surface modified abrasive particles, abrasive articles and methods of forming thereof. / A. Yan, W. Yang, P. Nie, S. Liang. – Publ. 07.05.20.
6. Patent 8864862 USA B2 C09G 1/02; B24D 18/00. Coated abrasive grains, method and for the production thereof as well as the use thereof for producing abrasives. / K.Gebhardt. – Publ. 21.10.14.
7. Полторацький В.Г., Бочечка О.О., Лавріненко В.І., Лещенко О.В., Пасічний О.О., Білоченко В.П., Білорусець В.В. Формування комбінованого багатокомпонентного термостабільного зносостійкого покриття на поверхні зерен шліфпорошків абразивного призначення. // Інструментальне матеріалознавство. Зб. наук. пр. – Випуск 24. – К.: ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, 2021. – С. 296–307.
8. Полторацький В.Г., Бочечка А.А., Лавріненко В.І. и др. Модифицирование шлифпорошков синтетического алмаза и компактов на основе микропорошков cBN термостойкими оксидами и хлоридами методом жидкофазного нанесения. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. Сб. науч. тр. – Выпуск 22. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2019. – С. 317–327.
9. Модифікування шліфпорошків синтетичного алмазу та шліфпорошків з компактів на основі мікропорошків cBN розчинними термостійкими оксидами і хлоридами методом рідиннофазного нанесення. Технологічна інструкція ТІ 25000.00839. – 2019.
10. Петасюк Г.А., Бочечка О.О., Лавріненко В.І., Полторацький В.Г., Білоченко В.П., Соколюк Д.В. Пікнометрично-адитивний метод визначення ступеня покриття шліфпорошків надтвердих матеріалів з використанням екстраполяційно-афінної 3D-моделі зерна. // Надтверді матеріали. – 2020. – № 3. – С. 94–99.
11. Лавріненко В.І., Пасічний О.О., Полторацький В.Г. та ін. Особливості зв'язку між параметрами шорсткості обробленої поверхні за умови шліфування кругами із суміші шліфпорошків НТМ з модифікованою поверхнею зерен. // Надтверді матеріали. – 2021. – № 6. – С. 85–98.
12. Лавріненко В.І., Пасічний О.О., Полторацький В.Г. та ін. Особливості формозміни ріжучої поверхні шліфувального круга у коловому напрямку під час шліфування кругами із сумішшю шліфпорошків НТМ та з модифікованою поверхнею їх зерен. // Надтверді матеріали. – 2022. – № 1. – С. 47–59.

Надійшла 26.05.22

References

1. Morisada, Y., Miyamoto, Y., Moriguchi, H., et al. (2008). Growth Mechanism of Nanometer-Sized SiC and Oxidation Resistance of SiC-Coated Diamond Particles. *Journal of The American Ceramic Society*, 87, 5, 809–813.
2. Sun, Y., Meng, Q., Qian, M., et al. (2016). Enhancement of oxidation resistance via a self-healing boron carbide coating on diamond particles. *Scientific Reports*, 6: 20198.
3. Wang, Y., Yuan, Y., Cheng, X., et al. (2015). Inhibiting the oxidation of diamond during preparing the vitrified dental grinding tools by depositing a ZnO coating using direct urea precipitation method. *Materials Science and Engineering: C*, 53, 1, 23–28.
4. Matthey, B., Kunze, S., & Herrmann, M. (2021). Patent Application Publication of USA 2021/0002534.
5. Yan, A., Yang, W., Nie, P., & Liang, S. (2020). Patent Application Publication of USA 2020/0139511 A1.
6. Gebhardt, K. (2014). Patent of USA 8864862.

7. Poltoratskii, V.G., Bochechka, O.O., Lavrynenko, V.I., et al. (2021). Formuvannia kombinovanoho bagatokomponentnoho termostabilnoho pokryttia na poverkhni zeren shlifporoshkiv abrazyvnoho pryznachennia [Formation of combined multicomponent thermostable wear-resistant coating on the surface of grains of abrasive grinding powders]. *Instrumentalne materialoznavstvo – Tooling Materials Science*, 24, 296–307 [in Ukrainian].
8. Poltoratskii, V.G., Bochechka, O.O., Lavrinenko, V.I., et al. (2019). Modifitsirovanie shlifporoshkov sinteticheskoho almaza i kompaktoiv na osnove mikroporoshkov cBN termostoikimi oksidami i hloridami metodom zhidkofaznoho naneseniia [Modification of synthetic diamond grinding powders and compacts based on cBN micropowders with heat-resistant oxides and chlorides by the method of liquid-phase deposition]. *Porodorazrushaiushchii i metalloobrabatyvaiushchii instrument – tekhnika i tekhnologiiia ego izgotovleniia i primeneniia – Rock Destruction and Metal-Working Tools – Techniques and Technology of the Tool Production and Applications*, 22, 317–327 [in Russian].
9. Modyfikuvannia shlifporoshkiv syntetychnoho almazu ta shlifporoshkiv z kompaktoiv na osnovi mikroporoshkiv cBN rozchynnymy termostiikymy oksydami i khloridami metodom ridynnofaznoho naneseniia. Tekhnologichna instruktsiia [Modification of grinding diamonds powders and grinding powders based on cBN micron powders with soluble heat-resistant oxides and chlorides by liquid-phase application. Technological instruction]. (2019). *TI 25000.00839*. Kyiv: V. Bakul ISM, NAS of Ukraine [in Ukrainian].
10. Petasyuk, G.A., Bochechka, O.O., Lavrinenko V.I., et al. (2020). The Additive Pycnometric Method For Assessment of the Degree of Coating of Grinding Powders Made of Superhard Materials Using the Extrapolation-Affine 3D-model of the Grain. *J. Superhard Mater.*, 42, 199–202.
11. Lavrinenko, V.I., Pasichnyi, O.O., Poltoratskiy, V.G., et al. (2021). Some Specific Features Inherent in the Relation between the Roughness Parameters of a Treated Surface under Grinding by Wheels with a Mixture of SHM Grinding Powders with Superficially Modified grains. *J. Superhard Mater.*, 43, 444–454.
12. Lavrinenko, V.I., Pasichnyi, O.O., Poltoratskiy, V.G., et al. (2022). Some Specific Features in Shaping the Cutting surface of a Grinding Wheel in Circular Direction under Grinding with the Use of Wheels with a Mixture of SHM Grinding Powders and a Modified Surface of Their Grains. *J. Superhard Mater.*, 44, 46–56.