

9. Oliynyk, N.O., Ilnytska, H.D., Bazaliy, G.A., Kosenchuk, T.O. (2024). Vplyv popередnioho khimichnoho obroblennia ta flotatsiynoho rozdilennia na kharakterystyky mitsnosti poroshkiv syntetychnoho almazu [Effect of pre-chemical treatment and flotation separation on strength characteristics of synthetic diamond powders]. *Suchasni pytannya vyrobnytstva ta remontu v promyslovosti i na transporti – Modern issues of production and repair in industry and transport* (s.113–115). ATM of Ukraine [in Ukrainian].
10. Oliynyk, N.O., Ilnytska, G.D., Petasiuk, G.A., Bazaliy, G.A., Zabolotnyy, S.D., Rud V.D. (2024). Doslidzhennya zminy fizyko-mekhanichnykh kharakterystyk poroshkiv syntetychnykh almaziv, otrymanykh pry yikh flotatsiynomu rozdilenni z poperedn'oyu spetsial'noyu pidhotovkoyu [Study of changes in the physical and mechanical characteristics of synthetic diamond powders obtained during their flotation separation with prior special preparation]. *Materialy ta tekhnolohiyi v inzheneriyi (MTI-2024): inzheneriya, materialy, tekhnolohiyi, transport – Materials and technologies in engineering (MTI-2024): engineering, materials, technologies, transport* (s. 210–212). Vezha-Druk [in Ukrainian].
11. Oliynyk, N.O., Ilnytska, G.D., Petasyuk, G.A., Bazaliy, G.A., Zabolotnyi, S.D. (2024). Influence of Pretreatment and Flotation Separation on the Physico-chemical and Morphometric Characteristics of Synthetic Diamond Powders. *Ukrainian Conference with International Participation «Chemistry, Physics and Technology of Surface»* (P. 32). Kyiv.
12. *Poroshky almazni syntetychni. Zahalni tekhnichni umovy [Synthetic diamond powders. General technical conditions]*. (DSTU 3292-95). (1997). Kyiv: Derzhstandart of Ukraine [in Ukrainian].

УДК 621.921.34-492.2:539.89:621.762.5

DOI: 10.33839/2708-731X-25-1-193-202

Т. О. Куриляк, канд. техн. наук

*Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,
вул. Автозаводська 2, 04074 м. Київ, tetiana.sh@ukr.net*

ЗАСТОСУВАННЯ КІНЕТИЧНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ОЦІНКИ ВЗАЄМОДІЇ В СИСТЕМІ С–О–W ПІД ЧАС СПІКАННЯ НАНОКОМПОЗИТУ АЛМАЗ – КАРБІД ВОЛЬФРАМУ ЗА ВИСОКОГО ТИСКУ

Досліджено кінетику окиснення алмазного нанопорошку статичного синтезу АСМ5 0,1/0 в присутності вольфраму, введеного в зразок замочуванням його водним розчином $(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4$. Встановлено, що при введенні вольфраму в зразок з розчину проявляється інгібуючий ефект.

Показано, що використання розчинної солі вольфрамвокислого амонію як середовища для приготування вихідної суміші нанопорошків алмазу та WO_3 покращує спікання нанокompозиту алмаз – карбід вольфраму. Твердість даного композиту в 1,2 рази перевищує твердість нанокompозиту, отриманого без застосування розчинної вольфрамвокислої речовини.

Ключові слова: алмазний порошок, кінетика окиснення, спікання, вольфрамвокислий амоній.

Вступ

В ІНМ ім. В. М. Бакуля НАН України розроблено нанокompозит «алмаз – карбід вольфраму» шляхом спікання в умовах високих тиску та температури алмазних нанопорошків детонаційного та статичного синтезу з добавками наночастинок вольфраму, введеними хімічним способом [1]. Важливою характеристикою матеріалу є також його хімічна реакційна

стійкість в присутності кисню повітря при високих температурах, об'єктивним показником якої є константа швидкості реакції алмазу з киснем.

В роботі [2] досліджено кінетику окиснення зразків, одержаних механічним змішуванням порошків алмазу і WO_3 . Встановлено ефект інгібування вольфрамом реакції окиснення алмазу, що включає стадії хімічного реагування вуглецю алмазу з газоподібним оксидом вольфраму, оскільки безпосередні контакти між твердими частинками малоефективні, а розрахунки показали [3], що реакція WO_3 з алмазом термодинамічно можлива за дуже малих концентрацій WO_3 , значно менших, ніж за тиску його насиченої пари. Якщо це припущення справедливе, то спосіб введення вольфраму в зразок не повинен істотно впливати на його інгібуючу ефективність.

Методика експерименту

В роботі вивчали кінетику окиснення алмазного нанопорошку без добавок і з добавками вольфраму.

Експеримент виконували гравіметричним методом в інтервалі температур 825 – 965 К з використанням зразка «вугілля в стаканчику» [2–5]. Швидкість реакції W виражали макрокінетичним рівнянням:

$$W = -\frac{dg}{dt} = \frac{C_{O_2}}{A \left(G - g + \frac{1}{\sqrt{kA^*} \operatorname{th}(h)} \right)}, \quad (1)$$

кінетичні криві описували рівнянням

$$t = t_1 + \frac{(g_1 - g) \left(G - \frac{g_1 + g}{2} \right)}{AC_{O_2}} + \frac{1}{kC_{O_2}} \ln \frac{\operatorname{sh}(h_1)}{\operatorname{sh}(h)}, \quad (2)$$

де:

$$h = (g - g_0 C) \sqrt{\frac{k}{A^*}}, \quad (3),$$

g_0 – вихідна маса зразка, t_1 і g_1 – момент часу і маса зразка в першій точці оброблюваного відрізка кінетичної кривої, g – маса зразка на момент часу t , $C = C_1 + C_2$, – вагова частка мінеральної домішки в зразку, C_1 – частка негорючого залишку (золи) в алмазі, C_2 – частка введеної домішки (вольфраму), C_{O_2} – концентрація кисню в повітрі, G , A і A^* – незалежні від властивостей реагентів параметри, постійні при даній температурі.

Обробка експериментальних даних включала згладжування кінетичних кривих, вибір оброблюваних відрізків на кінетичних кривих, визначення констант швидкості реакції і їх температурних залежностей, оцінку довірчих інтервалів кінетичних параметрів. Вибір оброблюваного відрізка здійснювали шляхом сканування всієї кінетичної кривої, перебираючи всі можливі варіанти відрізків і визначаючи на кожному з них константу швидкості і її дисперсію. Остаточний вибір робили, домагаючись найменших значень дисперсії для кожної константи швидкості і найменшого довірчого інтервалу енергії активації.

Визначення констант швидкості здійснювали двома різними способами. Один з них полягав в мінімізації цільової функції:

$$F1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(1 - \frac{t_i}{f_i} \right)^2, \quad (4)$$

де t_i – вимірюваний час, f_i – час, розрахований за рівнянням (2), N – кількість експериментальних точок на оброблюваному відрізку. Паралельно ці ж константи

розраховували в кожній точці оброблюваного відрізка за рівнянням (2). Два суттєво різні способи обробки кінетичних кривих приводять до практично однакових значень констант швидкості, тому ми використовували усереднені значення параметрів, усереднюючи енергії активації арифметично, а константи швидкості і передекспоненційні множники – геометрично.

Результати дослідження та їх обговорення

Склад зразків, які розглядаються в даній роботі та умови приготування наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Склад та умови приготування сумішей алмазного нанопорошку АСМ5 0,1/0 з вольфрамвмісними речовинами

Номер зразка,	Вміст в суміші (в розрахунку на метал), % (м)		Умови приготування суміші
	(NH ₄) ₂ WO ₄	WO ₃	
1	1	–	Приготували замочуванням алмазного нанопорошку розчином (NH ₄) ₂ WO ₄ і висушуванням упродовж 12 год за температури 383 К.
2	1	–	Так само як в зразку № 1, але перед висушуванням промивали етанолом для видалення слідів води.
3	5	–	Так само як в зразку №1.
4	–	–	Вихідний АСМ5 0,1/0, змочений водою і висушений упродовж 12 год при 383 К.
5	–	–	Вихідний АСМ5 0,1/0.
2в	–	1	Механічне змішування АСМ5 0,1/0 і WO ₃ з наступним відновленням суміші воднем.
2о	–	1	Механічне змішування АСМ5 0,1/0 і WO ₃ без відновлення суміші воднем.
4в	–	5	Механічне змішування АСМ5 0,1/0 і WO ₃ з наступним відновленням суміші воднем.
4о	–	5	Механічне змішування АСМ5 0,1/0 і WO ₃ без відновлення суміші воднем.

На рис. 1 показано характерний вигляд кінетичних кривих окиснення чистого алмазу і алмазу з добавками вольфраму.

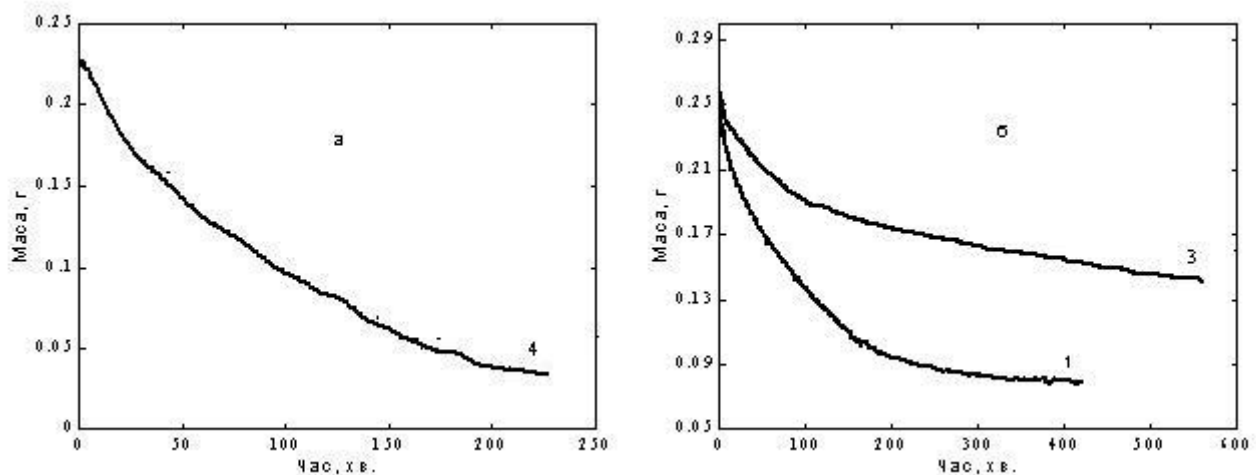


Рис. 1. Кінетичні криві окиснення зразків за температури 630 К. Цифри на кривих відповідають номерам зразків в табл. 1

Температурна залежність констант швидкості описується рівнянням Арреніуса $k = k_0 \exp\left(\frac{-E}{RT}\right)$. В табл. 2 наведено параметри рівняння Арреніуса для констант швидкості на перших ділянках кінетичних кривих.

Таблиця 2. Параметри рівняння Арреніуса для констант швидкості на перших ділянках кінетичних кривих.

Вміст W, %	Зразок	$k^0 \cdot 10^{-8}, \text{см}^3 \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{хв.}^{-1}$	$E, \text{кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$
0	№ 4	8,89	90,7
	№ 5	23,2	98,0
1	№ 1	0,0816	61,3
	№ 2	0,601	77,3
	№ 2о	0,0186	52,1
	№ 2в	0,0123	48,1
5	№ 3	0,00487	45,0
	№ 4в	0,0349	62,3

Точність визначення констант швидкості реакцій вища, ніж параметрів Арреніуса, тому вони краще характеризують вплив вольфраму на швидкість окиснення алмазу. На рис. 2 показано залежність логарифмів констант швидкості окиснення зразків від температури на перших ділянках кінетичних кривих.

В роботах [2,3] ми запропонували схему окиснення алмазу в присутності вольфраму, згідно якій частина центрів зазнає хімічної модифікації з утворенням менш активних центрів, що приводить до зменшення швидкості окиснення зразка в цілому. Перші ділянки кінетичних кривих відповідають окисненню переважно немодифікованих активних центрів на поверхні алмазу. Модифікування відбувається молекулами газоподібного WO_3 . При цьому враховувалося, що оксид WO_3 характеризується помітною леткістю і що реакція його з алмазом, як показали розрахунки [3], за температур проведення кінетичних експериментів термодинамічно можлива за парціальних тисків WO_3 , значно менших за рівноважні. Враховувалася також та обставина, що контакт газоподібного оксиду з активними центрами алмазу повинен бути більш ефективним, ніж твердих часточок оксиду. Тому введення вольфраму з розчину, забезпечуючи тісніший контакт інгібітора з поверхнею алмазу, повинно

було б привести до меншої швидкості реакції, ніж механічне змішування часточок алмазу і WO_3 .

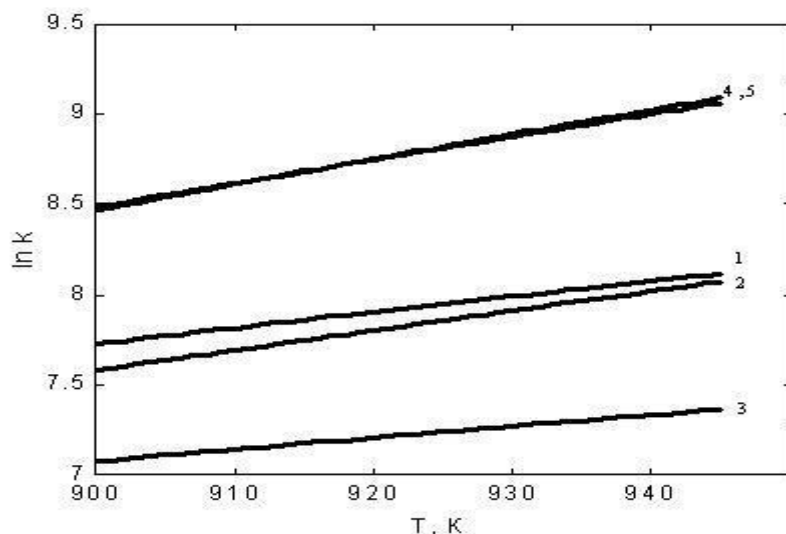


Рис. 2. Залежність логарифмів констант швидкості окиснення зразків від температури на перших ділянках кінетичних кривих. Цифри на кривих відповідають номерам зразків в табл. 1.

Наведені на рис. 3 [6] співставлення констант швидкості, отриманих в даній роботі, а також взятих з [2], в якій зразки з однаковим вмістом вольфраму 1% або 5% готувалися механічним змішуванням порошків алмазу і WO_3 , цього не підтверджують. Отже, незалежність інгібуючої дії вольфраму від способу його введення в зразок можна розглядати як факт, що узгоджується з гіпотезою про модифікування активних центрів молекулами газоподібного WO_3 .

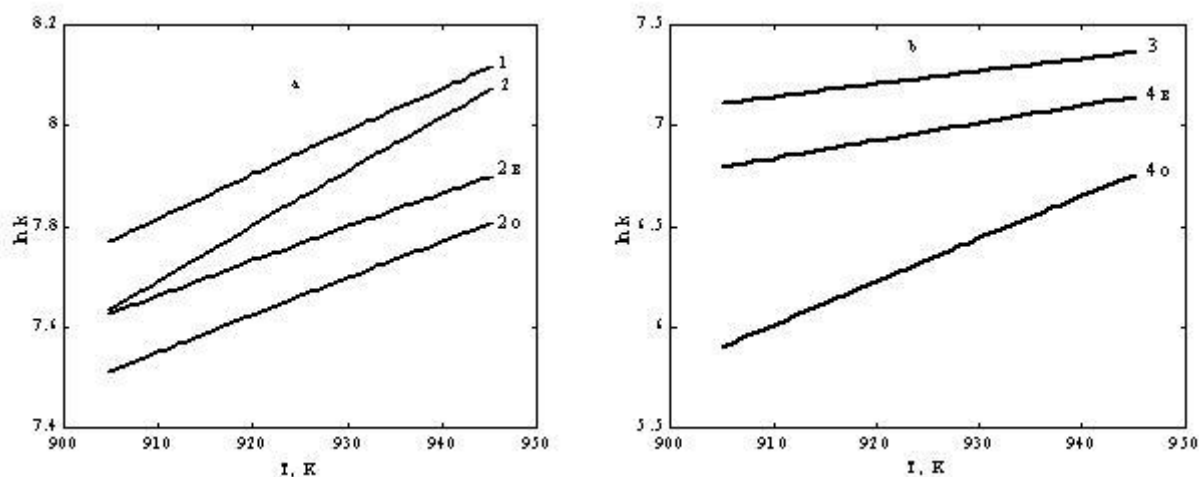


Рис. 3. Температурна залежність логарифмів констант швидкості окиснення зразків з однаковим вмістом вольфраму, введеного різними способами на перших ділянках кінетичних кривих [6]: а – вміст вольфраму 1%; б – вміст вольфраму 5%. Цифри на кривих відповідають номерам зразків в табл. 1.

Встановлено, що в присутності вольфраму відбувається зменшення швидкості окиснення алмазного нанопорошку в результаті хімічного модифікування вольфрамом

поверхні алмазних наночастинок – утворенням зв'язків W – O і зв'язків W – C, ідентифікованих методом ІЧ – спектроскопії [7].

Застосування кінетичної оцінки взаємодії надтвердих матеріалів під час спікання

На основі проведених попередніх досліджень кінетики, де розглядалося два способи модифікації, було обрано комбінований метод, котрий об'єднував ці два способи: механічне перемішування триоксиду вольфраму та хімічна адсорбція з водного розчину вольфрамату амонію.

До алмазного нанопорошку статичного синтезу АСМ5 0,1/0 додавали вольфрамівмісну зв'язувальну речовину – нанодисперсний порошок оксиду вольфраму WO₃.

Для інтенсифікації процесу модифікування поверхні алмазних наночастинок зв'язками W–C як рідину для приготування вихідних сумішей для спікання використовували розчинену в дистильованій воді сіль амонію вольфрамвокислого з масовою концентрацією розчину 1,87 %.

Склад вихідних сумішей та види їхніх обробок перед спіканням композитів алмаз – карбід вольфраму наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Склад вихідних сумішей на основі алмазного нанопорошку АСМ5 0,1/0 та види їхніх обробок перед спіканням композитів алмаз – карбід вольфраму

№ п/п	Фазовий склад добавки	Вміст за масою, %	Відпал в атмосфері водню	Вакуумна дегазація
1	W, W ₂ C, WC	28,1	–	+
2	WO ₃ , (NH ₄) ₄ W ₅ O ₁₇ × 2,5H ₂ O	35,7	+	+
3	WO ₂ , WO ₃	35	+	+

Спікання тривалістю 2,3–90 с в інтервалі температур 1500–1950 °С проводили в АВТ типу «тороїд» за початкового тиску 8 ГПа.

Густина зразків вимірювали методом гідростатичного зважування в дистильованій воді. Масу визначали за допомогою аналітичних терезів з точністю 0,005 мг. Похибка визначення густини складає ±0,01 г/см³ за надійності 0,95.

Залежності густини і пористості зразків від тривалості спікання при температурі 1880 °С наведено на рис. 4 і 5.

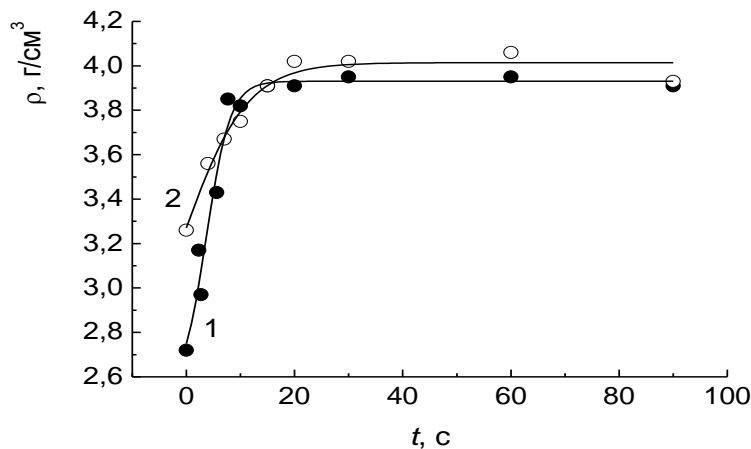


Рис.4. Залежність від тривалості спікання густини зразків композитів, спечених в АВТ з сумішею алмазного нанопорошку АСМ5 0,1/0 з нанопорошками вольфраму та його сполук: 1 – добавка № 1 в табл. 3, температура спікання 1880 °С; 2 – добавка № 2 в табл. 3, температура спікання 1850 °С[8]

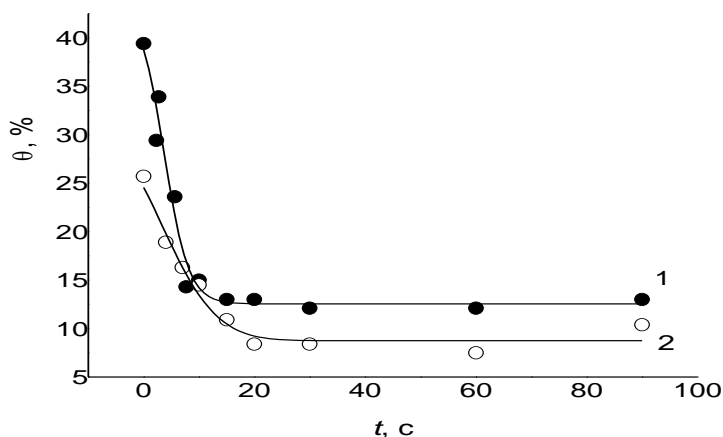


Рис. 5. Залежність від тривалості спікання пористості зразків композитів, спечених в АВТ з сумішею алмазного нанопорошку АСМ5 0,1/0 з нанопорошками вольфраму та його сполук: 1 – добавка № 1 в табл. 3, температура спікання 1880 °С; 2 – добавка № 2 в табл. 3, температура спікання 1850 °С [8]

Виходячи з отриманих температурних залежностей (рис. 6) для нанокompозитів алмаз – карбід вольфраму, спечених із сумішей, склад яких і способи обробки наведені в табл. 3, можна зазначити, що найбільш ефективно покращує спікання алмазного нанопорошку статичного синтезу введення до нього нанопорошку триоксиду вольфраму та розчинної вольфрамівмісної речовини (водний розчин вольфрамату амонію) в поєднанні з висушуванням, відпалом одержаної суміші в атмосфері водню, видаленням зв'язаної води та вакуумною дегазацією за оптимальної температури 1800 ±50°С [8].

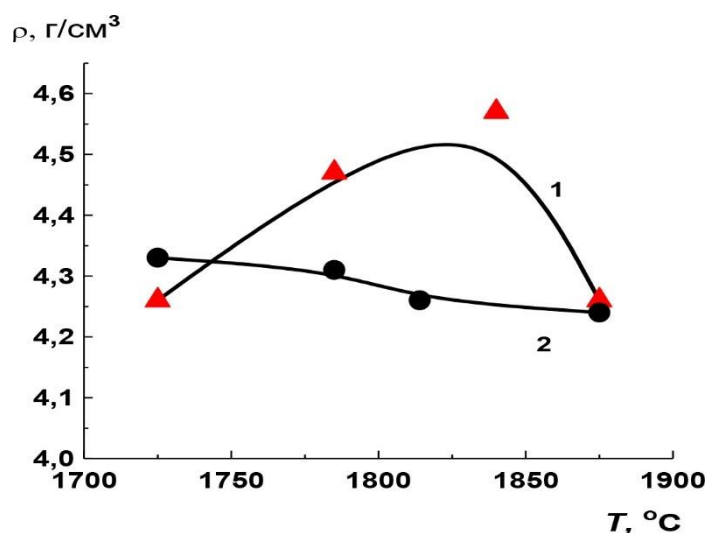


Рис. 6. Залежність густини зразків композитів від температури спікання, спечених в АВТ з сумішею алмазного нанопорошку АСМ5 0,1/0 з нанопорошками вольфраму та його сполук: 1 – добавка № 2 в табл. 3; 2 – добавка № 3 в табл. 3 (тривалість спікання 20 с) [8]

Показано, що використання розчиненої солі вольфрамату амонію як середовища для приготування вихідної суміші нанопорошків алмазу та WO₃ активує спікання нанокompозиту

алмаз – карбід вольфраму. За оптимальної температури густина композиту підвищується на 6%, пористість знижується в 1,7 рази [9].

Твердість даного композиту складає 32 ГПа за навантаження на індентор Кнупа 9,8 Н, що в 1,2 рази перевищує твердість нанокompозитів алмаз – WC, отриманих без застосування розчинної вольфрамвмісної речовини [9].

Висновки

Незалежність інгібуючої дії вольфраму на процес окиснення алмазу від способу введення WO₃ в зразок узгоджується з запропонованим механізмом процесу [2, 3], згідно з яким активні центри поверхні алмазу реагують не з кристалами WO₃ безпосередньо, а з молекулами газоподібного оксиду.

Показано, що використання розчиненої солі вольфрамвокислого амонію як середовища для приготування вихідної суміші нанопорошків алмазу та WO₃ покращує спікання нанокompозиту алмаз – карбід вольфраму. Твердість даного композиту в 1,2 рази перевищує твердість нанокompозиту, отриманого без застосування розчинної вольфрамвмісної речовини. [9].

T. O. Kurylyak

V.N. Bakul institute for superhard materials of the National academy of sciences of Ukraine

APPLICATION OF THE KINETIC METHOD FOR ASSESSMENT OF THE INTERACTION IN THE SYSTEM C–O–W DURING THE HIGH PRESSURE SINTERING OF THE DIAMOND – TUNGSTEN CARBIDE NANOCOMPOSITE

The oxidation kinetics of static synthesized diamond nanopowders ASM5 0.1 / 0 with tungsten was investigated. The addition of tungsten was introduced with water solution (NH₄)₂WO₄. It is shown that the introduction of tungsten with water solution (NH₄)₂WO₄ increases its inhibitory effect.

It is shown that the use of a dissolved ammonium tungstate salt as a medium for the preparation of the initial mixture of diamond nanopowders and WO₃ improves the sintering of the diamond – tungsten carbide nanocomposite. The hardness of this composite is 1.2 times that of a nanocomposite obtained without using a soluble tungsten-containing substance.

Key words: *diamond powders, oxidation kinetics, sintering, ammonium tungstate.*

Література

1. Спосіб отримання алмазного композиційного матеріалу: пат. 93803 Україна: B24D 3/02, B22F 3/14; опубл. 10.03.2011; Бюл. № 5.
2. Zabuga V. Ya., Bochechka O. O., Tsapyuk G. G., Kurylyak T. O., Fedorchuk O. S. Effect of tungsten on the oxidation kinetics of diamond nanopowder. *Journal of Superhard Materials*. 2016. Vol. 38, N 1. P. 8–17. DOI: 10.3103/S1063457616010020
3. Zabuga V. Ya., Tsapyuk G. G., Shpadkivs'ka T. O., Bochechka O. O. Thermodynamic aspect of the mechanism of diamond oxidation in the presence of tungsten. *Journal of Superhard Materials*. 2015. Vol. 37, N 4, P.215-221. DOI: 10.3103/S1063457615040012
4. Забуга В.Я., Цапюк Г.Г., Даценко Д.Ф., Долинская Л.П. Кинетика низкотемпературного окисления угля для модели “уголь в стаканчике” *Химия твердого топлива*. 1983. 4. С. 48–51.
5. Забуга В.Я., Даценко Д.Ф., Цапюк Г.Г., Долинская Л.П., Вязьмитина О.М. Гравиметрический метод исследования окисления угля. *Химия твердого топлива*. 1983. 5. С. 41–44.
6. Zabuga V. Ya., Tsapyuk G. G., Kurylyak T. O., Bochechka O. O. Kinetics of the surface oxidation of diamond nanopowder, modified with tungsten by chemical adsorption from a

- solution. *Journal of Superhard Materials*. 2018. Vol. 40, N 2, P. 82–87. DOI: 10.3103/S1063457618020028
7. Kurylyak T.O. et al. The influence of tungsten additives on the functional covering of diamond nanopowder ACM 5 0,1/0. *16th International Young Scientists Conference Optics and High Technology Material Science (SPO 2015)*. Kyiv, Ukraine, October 22-25, (2015): P. 68–69.
 8. Бочечка О.О., Клименко С.А., Куриляк Т.О., Назарчук С.М., Мельничук Ю.О., Ткач В.М. Вплив модифікування поверхні алмазних наночастинок зв'язками W – C на спікання та властивості нанокompозиту алмаз – карбід вольфраму. *Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. Вып. 21*. Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2018. С. 234–243.
 9. Куриляк Т. О. Удосконалення процесу отримання нанокompозиту алмаз – карбід вольфраму модифікуванням нанопорошку алмазу вольфрамівмісними сполуками: дис. ...канд. техн. наук: 05.02.01. Київ, 2019, 176 с.

Надійшла 17.09.24

References

1. Novikov, M. V., Bochechka, O. O., Nazarchuk, et al. (2011). *Patent of Ukraine № 93803. МПК В24D 3/02, В22F 3/14. Sposib otrymannia almaznoho kompozytsiinoho material [Method for producing diamond composite material]*. (Patent Uktainy 93803) [in Ukrainian].
2. Zabuga, V. Ya., Bochechka, O. O. Tsapyuk, G. G., et al. (2016). Effect of tungsten on the oxidation kinetics of diamond nanopowder. *Journal of Superhard Materials*, 38(1), 8–17.
3. Zabuga, V. Ya., Tsapyuk, G. G., Shpadkivs'ka, T. O., & Bochechka, O. O. (2015). Thermodynamic aspect of the mechanism of diamond oxidation in the presence of tungsten. *Journal of Superhard Materials*, 37(4), 215–221.
4. Zabuga, V. Ya., Tsapiuk, H.H., Datsenko, D.F., & Dolynskaia L.P. (1983) Kinetika nizkotemperaturnoho okisleniia uhlia dlia modeli “uhol v stakanchike” [Kinetics of low-temperature oxidation of coal for a model “coal in a cup”]. *Khimiia tverdoho topliva – Solid fuel chemistry*, 4, 48–51. [in Russian].
5. Zabuga, V. Ya., et al. (1983) Hravimetricnyi metod issledovaniia okisleniia uhlia. [Gravimetric method of coal oxidation research.]. *Khimiia tverdoho topliva – Solid fuel chemistry*, 5, 41–44. [in Russian].
6. Zabuga, V. Ya., Tsapyuk, G. G., Kurylyak, T. O., & Bochechka O. O. (2018). Kinetics of the surface oxidation of diamond nanopowder, modified with tungsten by chemical adsorption from a solution. *Journal of Superhard Materials*, 40(2), 82–87.
7. Kurylyak, T.O., et al. (2015) The influence of tungsten additives on the functional covering of diamond nanopowder ACM 5 0,1/0. *16th International Young Scientists Conference Optics and High Technology Material Science (SPO 2015)*. (s. 68–69). Kyiv.
8. Bochechka, O.O., Klymenko, S.A., Kuryliak, T.O., et al. (2018). Vplyv modyfikuvannia poverkhni almaznykh nanochastynok zviazkamy W – C na spikannia ta vlastyvoli nanokompozytu C–WC. [Influence of modification of the diamond nanoparticles surface by W–C bond on sintering and properties of nanocomposite C–WC.] *Porodorazrushayushchii i metalloobrabatyvayushchii instrument—tekhnika i tekhnologiya ego izgotovleniya i primeneniya – Rock Destruction and MetallWorking Tools—Techniques and Technology of the Tool Production and Applications*. (21nd Issue, p 234–243) [in Ukrainian].

9. Kuryliak, T. O. (2019). *Udoskonalennia protsesu otrymannia nanokompozytu almaz – karbid volframu modyfikuvanniam nanoporoshku almazu volframovmisnymy spolukamy [Improving the process of obtaining diamond-tungsten carbide nanocomposite by modifying diamond nanopowder with tungsten-containing compounds]*. [Candidate's dissertation]. Kyiv [in Ukrainian].

УДК 621.921.34-492.2:539.89:621.762.5

DOI: 10.33839/2708-731X-25-1-202-206

В. О. Веніков, аспірант

*Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,
вул. Автозаводська, 2, 04074 м. Київ, Україна,
e-mail: vladislav.venikovv@gmail.com*

ВПЛИВ МОДИФІКАЦІЇ АЛМАЗНИХ ЧАСТИНОК КАРБІДОУТВОРЮЮЧИМИ ПОКРИТТЯМИ НА ВЛАСТИВОСТІ АЛМАЗНИХ КОМПОЗИТІВ

Розглянуто вплив покриття поверхні алмазних порошків титаном бору та хромом на властивості алмазних полікристалів, спечених за високого тиску та температури. Переважна більшість існуючих покриттів на поверхні алмазу ізолюють його поверхню від кисню, що міститься в атмосфері, завдяки чому зносостійкість алмазного інструменту зростає. Титанове покриття алмазних частинок хоч і не виділяється істотними перевагами над іншими покриттями, проте відоме своєю універсальністю шляхом покращення кількох властивостей водночас.

Ключові слова: алмазні порошки, полікристали алмазу, карбідоутворююче покриття, міжфазний зв'язок.

Вступ

Процесу ущільнення алмазних порошків під дією високого тиску та температури присвячено ряд робіт. Загальноновизнаною є точка зору, згідно якої процес ущільнення може відбуватись за трьома механізмами: пластична деформація алмазних частинок за високої температури [1, 2], дроблення алмазних частинок за високого тиску [3], та взаємне проковзування частинок під дією тиску [4]. Одним зі способів покращення останнього є нанесення покриттів, що сприяє зменшенню тертя між алмазними частинками та кращому взаємному проковзуванню. Для кращого зв'язку між покриттям та алмазними частинками використовуються матеріали, що утворюють хімічний зв'язок з поверхнею алмазу, в результаті чого на поверхні частинок алмазного порошку утворюються карбіди матеріалу цього покриття, що в подальшому сприяє ущільненню алмазного порошку за високого тиску та температури при утворенні алмазних полікристалів.

В даній роботі розглянуто зміну та покращення властивостей полікристалів алмазу та метал-алмазних композитів, спечених з алмазних порошків, на які було нанесено карбідоутворюючі покриття титану бору та хрому.

Бор

Алмаз легко окислюється приблизно при 700 °С під час нагрівання в окислювальній атмосфері, наприклад, повітрі. Це призводить до негайного виходу продуктів окислення алмазу в зовнішнє середовище та великої кількості кисневих корозійних ям [5]. Крім того, дефекти викликають серйозну втрату механічних властивостей, що серйозно обмежує термін служби та ефективність алмазно-металевих композитів [6]. Таким чином, різноманітні