УДК 620.22 – 419:621.762.5

Н. О. Русінова, інж.

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

ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ЗА УМОВ ДВОСТАДІЙНОГО СПІКАННЯ В СИСТЕМІ $C_{АЛМ}$ – Si (ОГЛЯД)

Для забезпечення зміцнення зв'язку алмаз-алмаз та підвищення міцності композиційного матеріалу (на 20–25%) систему, яка складається з порошку алмазу та кремнію, спочатку нагрівають до температури, недостатньої для плавлення кремнію, витримують при цій температурі упродовж 40–60 с, потім систему нагрівають до температури, достатньої для плавлення кремнію. Матеріал, отриманий за рахунок використання двостадійного способу спікання (АКТМ) характеризується підвищеною міцністю та має багато областей застосування.

Ключові слова: *композиційні матеріали, алмаз, кремній, пластична деформація, спікання, міцність, термостійкість.*

Сучасний розвиток виробництва бурового та різального інструменту тісно пов`язаний із застосуванням полікристалічних матеріалів на основі алмазу. Оснащення інструменту надтвердими різальними вставками дозволяє суттєво підвищити його ефективність. Існуюча необхідність у створенні нових алмазних полікристалічних композиційних матеріалів, що мають підвищені фізико-механічні властивості (наприклад, зносостійкість, термостабільність, міцність), потребує подальшого всебічного вивчення процесу отримання зазначених матеріалів [1].

Для оснащення бурового інструменту (долот, коронок, різців) використовують алмазні твердосплавні пластини, які складаються з полікристалічного алмазного шару та підкладки із твердого сплаву, що вироблені як одне ціле, та алмазний композиційний термостабільний матеріал (АКТМ) [2].

Відомо, що при спіканні порошків алмазу можна керувати структурою та властивостями полікристалів, змінюючи параметри процесу спікання (тиск, температуру, тривалість процесу спікання). Керуючи параметрами спікання можна отримати полікристали з різним вмістом включень (Co, Si та інші), з інтенсивним та контрольованим зростанням зерен, з різним характером зламу – транскристалітним та інтеркристалітним, з підвищеною зносостійкістю.

Доведено [3], що на міцність отримуваних полікристалічних матеріалів на основі алмазу впливають умови спікання, а саме тиск та температура. За рахунок вдосконалення умов одержання композиційного матеріалу на основі алмазу завдяки вибору режиму нагрівання алмазної маси відбувається зростання площі контакту по межах алмазних частинок і, як наслідок, підвищується його міцність. Відомо [4] спосіб одержання полікристалічного термостійкого високоміцного матеріалу на основі мікропорошків алмазу та карбіду кремнію. Удосконалення способу одержання високоміцного матеріалу забезпечується за рахунок двостадійного спікання композиту. Спосіб забезпечує міцність алмазного композиційного матеріалу на 20–25% вище, ніж міцність матеріалу, одержаного одностадійним способом. Спосіб одержання композиційного матеріалу на основі алмазу включає формування алмазної маси з порошку алмазу та просочувального шару з суміші порошків кремнію, графіту і нанопорошку алмазу, нагрівання цієї системи при тиску не менше 6 ГПа до температури, недостатньої для плавлення кремнію та витримці при цій температурі упродовж 40–60 с, потім систему нагрівають до температури вище температури плавлення кремнію. Формування структури полікристалічних матеріалів на основі алмазу, для яких характерним є наявність неперервного каркасу з алмазних частинок, пов'язане, в першу чергу, з формуванням зв'язку алмаз – алмаз. Основна роль у цьому процесі належить пластичній деформації алмазних частинок під дією високих тиску та температури. Температура початку пластичної деформації мікропорошків алмазу при тиску 8 ГПа складає 1230 К [5]. Показано [6], що при спіканні тиск в точках контакту алмазних зерен може досягати 130 ГПа. В порах між зернами алмазу тиск значно нижче, тому на поверхнях, що не контактують, утворюється графіт [7].

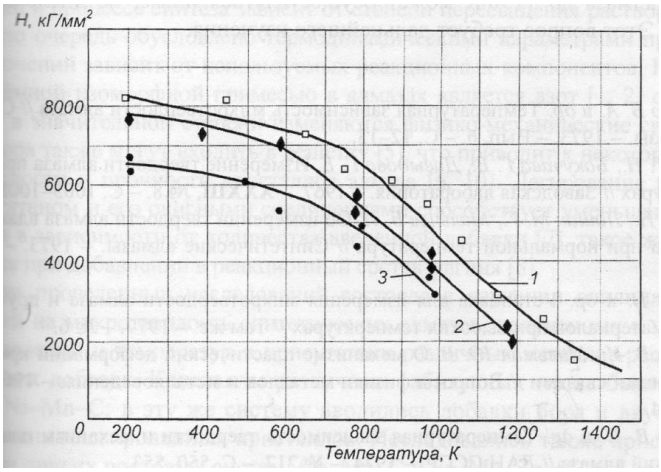


Рис. 1. Залежність мікротвердості природнього (1), синтетичного кубічного габітусу (2), синтетичного кубооктаедричного габітусу (3) монокристалів алмазу від температури

Відомо [8], що твердість алмазу залежить від температури. На рис. 1 видно, що при підвищенні температури до 1000 ºС мікротвердість знижується приблизно в 2 рази.

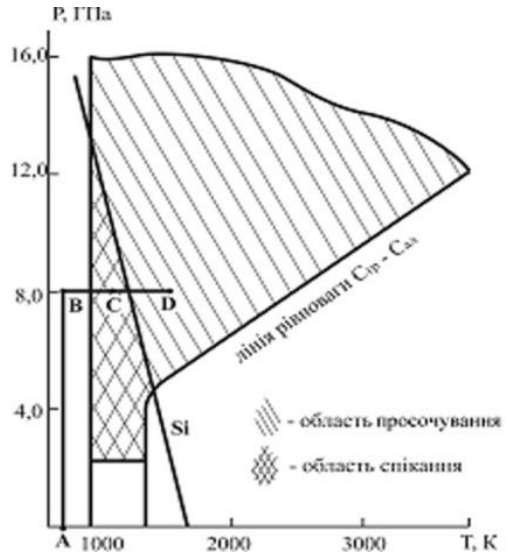
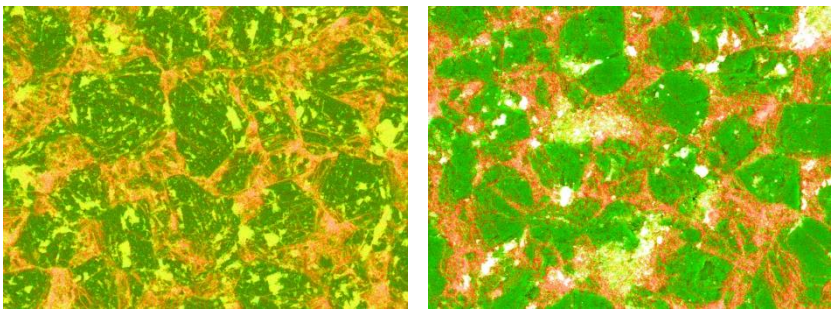


Рис. 2. Діаграмма стану спікання алмазу та плавкості кремнію

Зменшення твердості при температурі, яка нижче температури плавлення кремнію та витримка при цій температурі, створює умови для процесу пластичної деформації. Під дією зазначених умов відбувається підвищення площі контакту частинок алмазу. Це сприяє зміцненню зв'язку алмаз – алмаз та підвищенню міцності композиційного матеріалу, що підтверджується діаграмою стану спікання алмазу та плавкості кремнію (рис. 2). На діаграмі стану спікання алмазу [4] заштрихованою показана область спікання алмазу, а пряма лінія із поміткою Si описує плавлення кремнію залежно від температури і тиску. Спочатку підвищували тиск до 8 ГПа – (від точки А до точки В). Потім нагрівали систему до температури, яка відповідає області спікання алмазів та витримували при цій температурі (точка С), далі проводили нагрівання системи до температури, достатньої для плавлення кремнію (точка D).



а *б*

Рис. 3. Мікроструктура шліфів зразків композиційного матеріалу, виготовлених по двостадійному (а) та одностадійному (б) спіканні

На рис. 3 наведено мікроструктуру шліфів зразків композиційного матеріалу, виготовлених за двостадійного (рис. 3 *а*) та одностадійного (рис. 3 *б*) спікання. Аналіз показує , що у композиційного матеріалу, виготовленного за двостадійного (рис. 3 *а*) спікання та у композиційного матеріалу, виготовленного за одностадійного (рис. 3 *б*) спікання, однорідний розподіл частинок алмазу та утвореної SiC-фази. Фактично між всіма частинками алмазу різних розмірів існують прошарки зв`язувальної фази, але в мікроструктурі зразків, що виготовлені за двостадійного спіканя (рис. 3 *а*) зазначених прошарків значно менше.

Відомо [9], що основною причиною руйнування синтетичного алмазу під дією високих температур є збільшення на 15–20% об′єму включень сплаву-розчинника при нагріванні та їх взаємодія з алмазом. Міцність алмазів після термообробки залежить від вмісту, складу включень, та від структури кристалу. Досліди показали [10], що чим вище вихідна міцність кристалу та більш досконала його структура, тим більше впливають на його міцність після термообробки домішки всередині кристалу.

Згідно [11] масова частка домішок у вигляді розчинних компонентів в шліфпорошках не повинна перевищувати 1%. Масова частка домішок у субмікропорошках не повинна

перевищувати 2%. За домішку може бути наступний хімічний елемент: Co, B, Si, Fe, Mn, Ni, Cr, Ca, Cu.

Відомо [5], що на міцність отримуваного полікристалічного матеріалу на основі алмазу (АПКМ) впливає введення добавки, яка активує процес спікання. Дослідження структури та складу АПКМ, отриманого в системі Салм – Со та системі Салм – Со – 34Ni показали, що підвищення міцності відбувається при використанні як активуючої процес спікання добавки кобальту (Со) та суміші кобальту з нікелем (Со – 34Ni). Отриманий матеріал використовується для оснащення коронок для буріння порід осадочного типу.

Формування міжалмазних границь визначається, головним чином, розвитком масопереносу в місцях взаємного мікроіндентування зерен. Такі добавки як кобальт та нікель, при спіканні в міжзеренних проміжках виконують роль технологічного середовища, в якому відбувається взаємодія в системі алмаз-добавка і проходить процес перекристалізації через рідку фазу, джерелом якої є кобальт та нікель. Це приводить до виникнення зв`язків алмаз-алмаз і підвищення міцності матеріалу. Введення кобальту та нікелю збільшує в`язкість матеріалу (зменшує його крихкість) та відповідно, міцність. Крім цього, сплав кобальту з нікелем, в умовах високих тиску і температур краще змочує алмазні зерна, ніж кобальт. Тобто при використанні зазначених добавок відбувається зрощення зерен алмазу, тому виникає питання – чи відбуваються аналогічні процеси при введенні кремнію (Si) як добавки, що активує процес спікання.

Є дані [12], що при нагріванні синтетичних алмазів до температури 1000 ºС відбувається виплавляння включень сплаву-розчинника. Можна припустити, що мікровключення сплавів-розчинників можуть виділятися при температурі менше 1000 ºС, тому що температура плавлення мікровключень нижча. Можливо, що завдяки наявності включень сплавів-розчинників в частинках вихідного алмазного порошку при використанні кремнію відбувається часткове зрощення зерен, яке приводить до підвищення міцності.

Відомо [7], що застосування природного мікропорошку алмазу для отримання композиційних матеріалів зазвичай сприяє підвищенню термостабільності отриманного матеріалу, так як вважається, що природні алмази, на відміну від синтетичних не містять металічних домішок, які при високих теспературах взаємодіють з алмазом та понижують його експлуатаційні властивості.

Проте було показано [13], що порошки не тільки синтетичного, але й природного алмазу містять домішки та включення. Для отримання зразків алмазних композитів спікали алмазні мікропорошки АСМ 20/10, АСМ 40/28 та АМ 10/40 без добавок, які активують процесс спікання, проте додавали невелику кількість (0,3–0,5% за масою) графена Gn(4). Коерцитивні сили (H_c, Е) отриманих зразків синтетичного алмазу та природного алмазу, без видимих включень, мають значення, які наведено в таблиці.

Коерцитивна сила H_c, е зразків алмазного полікристалічного композиту із різним складом

Зразок	Коерцитивна сила H_c, Е
АСМ 40/28 + 0,5% (за масою) графена Gn(4)	189,79
АСМ 40/28 + 1,0% (за масою) графена Gn(4)	215,01
АМ 10/14 + 0,3% (за масою) графена Gn(4)	303,22

Феромагнітні властивості в отриманих полікристалічних алмазних композитах можуть формуватись як внаслідок вмісту феромагнітних домішок у порошках природного алмазу, а також і домішок і включень металів-розчинників вуглецю (Ni, Fe, Co) у порошках синтетичного алмазу. Як відомо, алмаз, що не містить домішок є діамагнетиком, проте магнитні властивості реальних порошків алмазу, як і електричні, залежать від того, чи містять вони домішки та включення [14, 15].

Завдяки підвищеній міцності композиційний алмазний матеріал отримав широке застосування в багатьох сферах, а саме: при оснащенні бурового інструменту (коронок), коронки використовують при геологорозвідувальному бурінні; при виготовленні свердел для бетону, кераміки, граніту, мармуру; при виготовленні голок для нанесення малюнку на природному камені; при виготовленні накатного інструменту для пластичної деформації металевих поверхонь; вперше розроблено накатний надтвердий інструмент для оброблення матеріалів тиском; зазначений інструмент містить сепаратор, у гнізда якого вставлені виготовлені з полікристалічного композиційного матеріалу тіла кочення зі зв´язком між зернами алмаз-алмаз; при виготовленні накатного інструменту для оброблення матеріалів під тиском; при виготовленні вигладжувачів для доведення металевих поверхонь до дзеркального стану;в олівцях, гребінках та різцях для правлення корундових шліфувальних кругів, вигладжувачах для оброблення закалених сталей, волоках для волочіння сталевого, мідного, молібденового та інших дротів, наконечниках для датчиків автоматичного контролю розміру деталей, деформуючому інструменті для механічного шаржування робочих поверхонь огранного чавунного диску, який застосовують для огранювання алмазів [16, 17, 18].

Висновки

Таким чином, для забезпечення зміцнення зв′язку алмаз-алмаз та підвищення міцності композиційного матеріалу (на 20-25%) систему, яка складається з порошку алмазу та кремнію, спочатку нагрівають до температури, недостатньої для плавлення кремнію, витримують при цій температурі упродовж 40-60 сек., потім систему нагрівають до температури, достатньої для плавлення кремнію. При зазначеній витримці за рахунок пластичної деформації відбувається усадка, підвищується взаємозв’язок між зернами алмазу, відбувається часткове зростання зерен алмазу за рахунок домішок в алмазному порошку металів розчинників, що приводить до підвищення міцності. Матеріал, отриманний за рахунок використання двостадійного способу спікання (АКТМ), характеризується підвищеною міцністю та має багато областей застосування.

Для обеспечения укрепления связи алмаз-алмаз и повышения прочности композиционного материала (на 20–25%) систему, которая состоит из порошка алмаза и кремния, сначала нагревают до температуры недостаточной для плавления кремния, выдерживают при этой температуре в течение 40–60 с, затем систему нагревают до температуры, достаточной для плавления кремния. Материал, полученный за счет использования двухстадийного способа спекания (АКТМ) характеризуется повышенной прочностью и имеет много областей применения.

***Ключевые слова**: композиционные материалы, алмаз, кремний, пластическая деформация, спекание, прочность, термостойкость.*

N. A. Rusinova

STRENGTH INCREASING OF COMPOSITE MATERIAL UNDER CONDITIONS OF TWO-STAGE SINTERING IN A C_{DIAM}-Si SYSTEM (Review)

To provide the strengthening of diamond-diamond and silicon bond powder systems are first heated to a temperature not enough to melt silicon, maintained at this temperature for 40–60 s, to provide diamond diamond strengthening and toughness of the composite material (20–25%), then the system is heated to a temperature sufficient to melt silicon. The material obtained by using a two-stage sintering method (AKTM) is characterized by high strength and has many applications.

***Key words**: composite materials, diamond, silicon, plastic deformation, sintering, strength, thermal stability.*

Література

1. Сверхтвердые материалы. Получение и применение: Монография: в 6 т. / Под общ. ред. Н.В. Новикова: отв. ред. А.А. Шульженко. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля, ИПЦ «Алкон» НАН Украины, 2003. Т. 1: Синтез алмаза и подобных материалов. С. 259–265.
2. Алмазный поликристаллический материал для оснащения бурового инструмента / А. А. Шульженко, Р. К. Богданов, В. Г. Гаргин и др. // Породообразующий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. научн. тр. – Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2007. – Вып. 10. – С. 189–196.
3. Шульженко А. А., Гаргин В. Г., Шишкин В. А., Бочечка А. А. Поликристаллические материалы на основе алмаза. – К.: Наук. думка, 1989. – 192 с.
4. Пат. на корисну модель № 21897, МПК (2006) C01B 31/00 (2007.01).Спосіб одержання композиційного матеріалу на основі алмазу / О. О. Шульженко, В. Г. Гаргін, Н. О. Русінова. – Опубл. 10.04.07, Бюл. № 4.
5. Алмазный поликристаллический композиционный материал и его свойства / А. А. Шульженко, В. Г. Гаргин, Н. А. Русинова и др. // Сверхтвердые материалы: Сб. научн. тр. – Киев: Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2010. – Вып. 6. – С. 3–14.
6. Novikov N. V., Shulzhenko A. A. Promising superhard materials and efficienttechnologies of their production // Innovative Superhard materials and Sustainable Coatings for Advanced Manufacturing / Ed. By J. Lee, N. Novikov. – The Netherlands: Springer, 2005. – NATO Sci. Ser. II: Mathematics, Physics and Chemistry. – Vol. 200. – P. 91–105.
7. Русинова Н. А. Поликристаллические композиционные термостойкие материалы на основе алмаза и карбида кремния и их физико-механические свойства // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування: Матеріали. – Херсон: СЕУТТОО, 2014. – С. 306–309.
8. Бакуль В. Н., Лошак В. И., Мальнев В. И. // Всесоюзн. конф. «Новое в теории и практике создания и применения синтетических сверхтвердых материалов»: Тез. докл. – Ч. 1. Синтез и исследование свойств сверхтвердых материалов. – Киев, 1977. – С. 25–28.
9. Новиков Н. В., Шульженко А. А. Новые СТМ и их применение в промышленности // Сверхтвердые материалы. – 1987. – № 5. – С. 8–14.

10. Порошки и пасты из синтетических алмазов / Никитин Ю. И., Уман С. М., Коберниченко Л. В., Мартынова Л. М.,; Отв. Ред. Кислый П. С.; АН Украины. Ин-т сверхтвердых материалав им. В. Н. Бакуля. – Киев: Наук. думка, 1992. – 284 с.
11. ДСТУ 3292-95. Державний стандарт України. Порошки алмазні синтетичні. Загальні технічні умови. – К.: Держстандарт України. 1995. – 71 с.
12. В. Г. Гаргин. Термическое разрушение синтетических алмазов // Сверхтвердые материалы: Сб. научн. тр. – Киев: Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 1982. – Вып. № 1. – С. 17–20.
13. Электрофизические свойства алмазного композицинного материала / А. А. Шульженко, L. Jaworska, Л. А. Романко // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника, технология его изготовления и применения. Вып. 20. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2017. – С. 218–227.
14. Физические свойства алмаза: справочник / Н. В. Новиков (ред). – К.: Наук. думка, 1987. – 188 с.
15. Wakabayashi K., Fujita M., Kusakabe K., Nakada K. Magnetic structure of graphite ribbon // Czechosl. J. Phys. – 1996. – 46. – N 4. – P. 1865–1866.
16. Алмазный композиционный термостойкий материал для оснащения бурового инструмента / А. А. Шульженко, В. Г. Гаргин, Н. А. Русинова и др. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2006. – С. 8–12.
17. Шульженко А. А., Розенберг О. А., Гаргин В. Г., Русинова Н. А. Накатной инструмент // Синтез, спекание и свойства сверхтвердых материалов: Сб. научн. тр. – Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2010. – С. 182.
18. Русінова Н. О. Отримання, властивості та застосування полікристалічних композиційних матеріалів на основі алмазу та карбіду кремнію // Інструментальний світ: Зб. наук. пр. – Київ: ІНМ НАН України, 2012. – Вип. № 3-4 (55-56). – С. 24–37.

Надійшла 12.07.18

References

1. Shulzhenko, A. A. (Eds.). (2003). Sintez almaza i podobnykh materialov [Synthesis of diamond and similar materials]. *Sverkhtverdyye materialy. Polucheniye i primeneniye [Superhard materials. Preparation and application]*. N.V. Novikov (Ed.); NAN Ukraine. In-t sverkhtverdikh materialov im. V. N. Bakulia. (Vols. 1–6; Vol. 1). Kiev: IPC «ALKON» [in Russian].
2. Shul'zhenko, A. A., Bogdanov, R. K., Gargin, V. G., et al. (2007). Almaznyy polikristallicheskiy material dlya osnashcheniya burovogo instrumenta [Diamond polycrystalline material for equipping the drilling tool]. *Porodoobrazuyushchiy i metalloobrabatyvayushchiy instrument - tekhnika i tekhnologiya yego izgotovleniya i primeneniya. - Rock Destruction and Metal-Working Tools – Techniques and Technology of the Tool Production and Applications, 1,* 189–196 [in Russian].
3. Shul'zhenko, A. A., Gargin, V. G., Shishkin, V. A., et al. (1989). *Polikristallicheskiye materialy na osnove almaza [Polycrystalline materials based on diamond]*. Kiev: Nauk. dumka [in Russian].

4. Shulzhenko, A. A., Gargin, V. G., & Rusinova, N. A. (2007). Patent of Ukraine 21897 [in Ukraine].
5. Shul'zhenko, A. A., Gargin, V. G., Rusinova, N. A., et al. (2010). Almaznyy polikristallicheskiy kompozitsionnyy material i yego svoystva [Diamond polycrystalline composite material and its properties]. *Sverkhtverdye materialy. – Journal of Superhard Materials, 1*, 3–14 [in Russian].
6. Novikov, N. V., Shulzhenko, A. A. (2005) Promising superhard materials and efficient technologies of their production. *Innovative Superhard materials and Sustainable Coatings for Advanced Manufacturing, Vol. 200*, P. 91–105.
7. Rusinova, N. A. (2014). Polikristallicheskiye kompozitsionnyye termostoykiye materialy na osnove almaza i karbid kremniya i ikh fiziko-mekhanicheskiye svoystva [Polycrystalline composite heat-resistant materials based on diamond and silicon carbide and their physical and mechanical properties]. Proceedings from Modern energy installations on transport, technologies and equipment for their servicing ’14: *V Mezhdunarodnaia nauchnoprakticheskaia konferentsiia (1–3 oktiabria 2014 hoda) – 5nd International Scientific and Practical Conference*. (pp. 306–309). Kherson: Khersonskaia gosudarstvennaia akademiia [in Russian].
8. Bakul', V. N., Loshak, V. I., & Malnev, V. I. (1977). Novoye v teorii i praktike sozdaniya i primeneniya sinteticheskikh sverkhtverdykh materialov [New in the theory and practice of creating and using synthetic superhard materials]. *Synthesis and study of the properties of superhard matrials. - Sintez i issledovaniye svoystv sverkhtverdykh matrerialov, 1*, 25–28 [in Russian].
9. Novikov, N. V., & Shul'zhenko, A. A. (1987). Novyye STM i ikh primeneniye v promyshlennosti [New STM and their application in industry]. *Sverkhtverdye materialy. – Journal of Superhard Materials, 5*, 8–14 [in Russian].
10. Nikitin, Y. I., Uman, S.M., Kobernichenko, L.V., et al. (1992). *Poroshki i pasty iz sinteticheskikh almazov [Powders and pastes from synthetic diamonds]*. Kiev: Nauk. dumka [in Russian].
11. Poroshki almaznye sinteticheskie. Obshchie tekhnicheskie usloviia [Synthetic diamond powders. General specifications]. (1995). DSTU 3292-95. Kiev:Hosstandart Ukrainy [in Ukrainian].
12. Gargin, V. G. (1982). Termicheskoye razrusheniye sinteticheskikh almazov [Thermal destruction of synthetic diamonds]. *Sverkhtverdye materialy. – Journal of Superhard Materials, 1*, 17–20 [in Russian].
13. Shul'zhenko, A. A., Jaworska, L., Romanko, L. A., et al. (2017). Elektrofizicheskiye svoystva almaznogo kompozitsinnogo materiala [Electrophysical properties of diamond composite material]. *Porodoobrazuyushchiy i metalloobrabatyvayushchiy instrument - tekhnika i tekhnologiya yego izgotovleniya i primeneniya. - Rock Destruction and Metal-Working Tools – Techniques and Technology of the Tool Production and Applications, 1,* 218-227 [in Russian].
14. Novikov, N. V. (Eds.) (2003). *Fizicheskiye svoystva almaza: spravochnik [Physical properties of diamond: a guide]*. Kiev: Nauk. dumka [in Russian].
15. Wakabayashi K., Fujita M., Kusakabe K., & Nakada K. (1996). Magnetic structure of graphite ribbon. *Czechosl. J. Phys, Vol. 46, 4*, 1865–1866.

16. Shul'zhenko, A.A., Gargin, V.G., Rusinova, N.O. (2006). Almaznyy kompozitsionnyy termostoykiy material dlya osnashcheniya burovogo instrumenta [Diamond composite heat-resistant material for equipping the drilling tool]. *Porodoobrazuyushchiy i metalloobrabatyvayushchiy instrument - tekhnika i tekhnologiya yego izgotovleniya i primeneniya. - Rock Destruction and Metal-Working Tools – Techniques and Technology of the Tool Production and Applications, 1*, 8–12 [in Russian].
17. Shul'zhenko, A. A., O. A. Rozenberg, O. A., Gargin, V. G., et al. (2010). Nakatnoy instrument [The rolling tool]. *Sintez, spekaniye i svoystva sverkhtverdykh materialov, [Synthesis, sintering and properties of superhard materials]*. N. V. Novikov (Ed.). NAN Ukraine. In-t sverkhtverdikh materialov im. V. N. Bakulia. (Vols. 1–6; Vol. 1). Kiev: Logos [in Russian].
18. Rusinova, N. O. (2012). Otrymannya, vlastyvosti ta zastosuvannya polikrystalichnykh kompozytsiynykh materialiv na osnovi almazu ta karbidu kremniyu [Obtaining, properties and application of polycrystalline composite materials based on diamond and silicon carbide]. *Instrumental world. – Instrumentalnyi svit, 3-4*, 24–37 [in Ukraine].

УДК 621.921.34-492.2

Г. А. Петасюк, д-р техн. наук[1]; **М. Н. Сафонова**[2]**,**
Ю. В. Сирота[1]**,** кандидаты технических наук; **О. У. Петасюк**, вед. инж.[1]

[1]Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, ул. Автозаводская 2, 04074 г. Киев, e-mail: petasyuk@ukr.net
[2]Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия, e-mail: marisafon_2006@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ ШЛИФПОРОШКОВ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛМАЗА НА ОСНОВЕ ЭКСТРАПОЛЯЦИОННО-АФФИННОЙ 3D МОДЕЛИ ЗЕРНА

Проанализированы методические особенности опосредованно-аналитического определения толщины покрытия зерен металлизированных шлифпорошков синтетического алмаза. Проведенные исследования показали, что наиболее совершенными есть методы, основанные на применении внешней удельной поверхности. Впервые предложено использовать в этой расчетной схеме экстраполяционно-аффинную 3D модель зерна. На примере шлифпорошка АС125 400/315 доказано преимущество такой 3D модели по сравнению с 3D моделью в форме шара. Использование экстраполяционно-аффинной 3D модели зерна позволяет находить толщину покрытия зерен металлизированных алмазных порошков без традиционного предположения о шарообразной форме их зерен и с меньшей погрешностью. Предложенный новый метод может быть использован и для порошков других абразивных материалов.

***Ключевые слова**: металлизация, покрытие, опосредовано-анлитические методы, 3D модель зерна, внешняя удельная поверхность.*

Металлизация есть одним из действенных методов модификации поверхности зерен порошков синтетического алмаза (СА), кубического нитрида бора и порошков других