

Выводы

Более высокая производительность шлифования хрусталя инструментом из композиционного материала, содержащего гранулы карбида бора, показывает, что введение хрупких частиц в матрицу снижает её адгезионное взаимодействие с обрабатываемым материалом.

Rozглянуто механізми зношування при контактній взаємодії алмазообразивного інструменту і кристалу. Досліджено вплив додавання наповнювача у вигляді гранул карбід бору – скло в в'язку на продуктивність інструменту. Показано, що введення наповнювача знижує адгезійну взаємодію матриці алмазовмісного композиційного матеріалу і кристалу.

Ключові слова: алмазообразивний інструмент, композиційний матеріал, наповнювач, кристаль, контактна взаємодія.

The mechanisms of wear upon contact of diamond containing abrasive tool and crystal are considered. The effect of adding a filler in the form of pellets of boron carbide - glass into a binder on performance of the tool is investigated. It is shown that the above operation reduces the adhesive interaction of matrix of the diamond containing composite material and a crystal.

Key words: diamond abrasive tools, composite material, filler, crystal, contact interaction.

Литература

1. Новиков Н. В., Майстренко А. Л., Кулаковский В. Н. Сопротивление разрушению сверхтвёрдых композиционных материалов. Киев. Наук. Думка, 1993. 220 с.
2. Семёнова-Тян-Шанская А. С. Исследование сопротивления износу при шлифовании /. Новое направление развития алмазной обработки: Тр. ВНИИ Алмаз М., 1981. 102 с.
3. Лоладзе Т. Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. –М: Машиностроение, 1982. 320 с.
4. Балыков А. В. Алмазное сверление отверстий в деталях из хрупких неметаллических материалов. – М: Наука и технология, 2003. 187 с.

Поступила 01.07.14

УДК: 621.923.02

О. І. Чернієнко; С. В. Ковальов, Г. А. Петасюк, кандидати техн. наук;
О. О. Бочечка, Ю. Д. Філатов, доктори техн. наук; **В. С. Гаврилова**

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України, м. Київ

ВИКОРИСТАННЯ АЛМАЗНОГО ПОРОШКУ, СИНТЕЗОВАНОГО В СИСТЕМІ Mg-Zn-B-C, ДЛЯ ТОНКОГО ШЛІФУВАННЯ САПФІРУ

Представлені результати дослідження процесу тонкого алмазного шліфування сапфіру при використанні напівпровідникового алмазного порошку, синтезованого в системі Mg-Zn-B-C. Показано, що використання алмазного порошку дозволяє підвищити продуктивність тонкого алмазного шліфування сапфіру до 27% та запобігти утворенню подряпин на оброблених поверхнях.

Ключові слова: тонке алмазне шліфування, електропровідний алмаз.

Вступ

Якість оброблених поверхонь деталей з неметалевих матеріалів, які використовуються в області оптичного та електронного приладобудування, має важливе значення. Одним із способів

досягнення точних розмірів та високої якості поверхні деталей є обробка шліфуванням та поліруванням. Обробку поверхні оптичних деталей можна виконувати з допомогою алмазного інструменту або абразивних порошків у вільному стані.

При шліфуванні алмазними кругами виникають проблеми, пов'язані з невідповідністю твердості зв'язки та матеріалу, який оброблюється. Така невідповідність призводить до швидкого засалювання робочого шару інструмента, відповідно зростає кількість правок круга і знижується його зносостійкість. Тому більш ефективною обробкою поверхні таких матеріалів є шліфування за допомогою абразивних порошків у вільному стані.

Шліфування поверхні вільним абразивом відбувається внаслідок співудару і ковзання абразивних частинок і оброблювальної поверхні. При цьому на поверхні утворюються кратероподібні заглиблення і подряпини. Недоліком такого методу шліфування є погіршення стану оброблених поверхонь, що відбувається внаслідок контактної взаємодії частинок абразиву та їх конгломерації. Розміри утворених конгломератів абразивних зерен в декілька разів перевищують розміри вихідного порошку. Це призводить до утворення на поверхні, яка оброблюється, небажаних подряпин. Утворення конгломератів відбувається внаслідок кулонівської взаємодії між частинками, на яких виникає статичний заряд. Для запобігання утворенню конгломератів в даній роботі запропоновано використання електропровідного алмазного порошку. Для цього проведено визначення продуктивності та оцінка якості шліфованих поверхонь деталей із сапфіру у випадку, коли в якості абразиву використовували електропровідний алмазний порошок, синтезований в системі Mg–Zn–B–C, та для порівняння – алмазний порошок, синтезований в системі Ni–Mn–C, який є діелектриком.

Методика

Тонке алмазне шліфування (ТАШ) пластин з сапфіру виконували на сталевому шліфувальнику діаметром 100 мм з допомогою абразивів у вільному стані. В якості абразиву використовували алмазні порошки АС6 – 50/40 ДСТУ 9206-80, синтезовані в системі Ni–Mn–C (зр. № 1) та електропровідні алмазні порошки зернистістю 50/40, синтезовані в системі Mg–Zn–B–C, показник міцності яких складав 8 Н (зр. № 2). Оброблювали блоки діаметром 60 мм з трьох сапфірових пластин з загальною площею 16,75 см². Кристалографічна орієнтація оброблювальних поверхонь – [0001] (площина С).

Дефектність оброблених поверхонь оцінювали за наявністю подряпин, які спостерігались за допомогою оптичного мікроскопу ЛОМО «МЕТАМР-1», оснащеного цифровою камерою Vision «STD-Res Series».

Проводилили дослідження впливу характеристик алмазних порошків, які описують розмір зерен (F_{max} , F_{min} , d_c , d_e), їх форму (f_c , $K_{упл}$, F_e , E_i) та топографію поверхні ($P_{уд}$, R_g) [1] на продуктивність шліфування та якість оброблених поверхонь. Діагностику морфометричних характеристик порошків здійснювали, досліджуючи проекції зерен порошку на приладі DiaInspect, OSM.

Однорідність і стабільність значень DiaInspect-характеристик порошку оцінювали за відомими методиками [1–3]. Крім того, на основі отриманих в результаті діагностики даних проводили обрахунки зовнішньої питомої поверхні ($F_{уд}$) порошків з використанням розробленого в Інституті надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України екстраполяційно-геометричного методу [4]. Кількість зерен в одному караті визначалось розрахунковим методом за методикою [5], в основі якої лежить використання екстраполяційно-афінної 3D моделі зерна. Кількість ріжучих кромки зерен і середнє значення кута їх загострення розраховувалась за методикою [6]. Форма проекцій зерен визначалась системно аналоговим методом [7].

Результати

При обробленні плоских поверхонь деталей з сапфіру для оптико-електронної техніки при тонкому алмазному шліфуванні алмазними порошками у вільному стані для різних абразивів досягаються наступні показники (табл. 1).

Продуктивність ТАШ пластин із сапфіру алмазним порошком, синтезованим в системі Mg–Zn–B–C, має значення, яке приблизно на 27% перевищує аналогічний показник для алмазного порошку АС 6, синтезованого в системі Ni–Mn–C. Параметр шорсткості Ra оброблених поверхонь для обох порошків практично однаковий.

Таблиця 1. Характеристики процесу тонкого алмазного шліфування поверхні сапфіру

Порошок	Продуктивність знімання обробленого матеріалу Q :	
	мг/хв.	мкм/хв
АС6 50/40 (сист. Ni-Mn-C, зразок № 1)	39,7	6
50/40 (сист. Mg-Zn-B-C, зразок № 2)	50,5	7,6
	Шорсткість оброблених поверхонь:	
	Ra , мкм	подряпини
АС6 50/40 (сист. Ni-Mn-C, зразок № 1)	0,12 - 0,15	подряпини шириною до 100 мкм.
50/40 (сист. Mg-Zn-B-C, зразок № 2)	0,12 - 0,15	подряпини відсутні

На продуктивність обробки поверхні шліфуванням мають вплив такі характеристики абразиву як міцність порошку та розвинена поверхня. При цьому, як висока питома поверхня, так і підвищена міцність позитивно впливають на експлуатаційні характеристики процесу шліфування. При використанні алмазних порошків, які є близькими за показником міцності, чинником, який впливає на продуктивність шліфування, залишається форма поверхні алмазних частинок. Результати діагностики морфометричних характеристик порошків представлені в табл. 2. Загальний вигляд зерен алмазних порошків представлений на рис. 1.

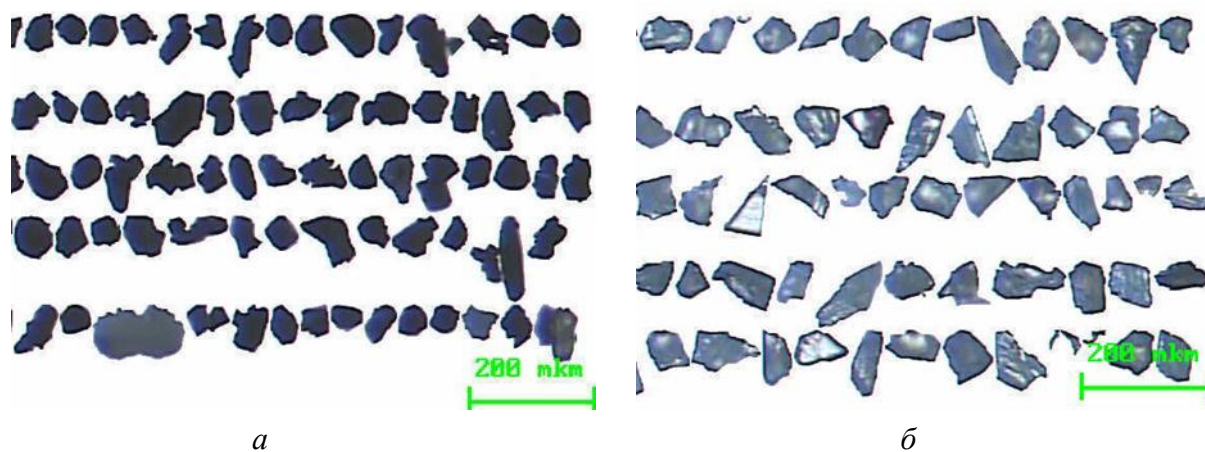


Рис. 1. Зображення окремих зерен алмазного порошку: синтезованого в системі Mg–Zn–B–C (а); АС6, синтезованого в системі Ni–Mn–C (б)

Алмазні порошки № 1 мають в середньому по 7,1 ріжучих кромки на зерно з кутом загострення $81,36^\circ$ тоді як зерна порошку № 2 мають більшу кількість кромки – 9, проте з тупішим кутом загострення – $95,31^\circ$.

За розмірними характеристиками (F_{max} , F_{min} , d_c , d_e), більші значення мають зерна алмазного порошку № 1.

Feret-видовження зерен порошку № 1 більше, тобто вони більш видовжені. Зерна порошку № 2 є більш близькими до круга і еліпса за формою і більш плоскими. Значення параметра шорсткості Ra та питомого периметра зерен для обох порошків однакові. По

однорідності властивостей форми і розмірів зерен порошків більш однорідними є зерна алмазних порошків № 2.

Таблиця 2. Характеристики, які описують розмір зерен шліфпорошків статичного синтезу: (F_{max} , F_{min} , d_c , d_e), їх форму (f_c , $K_{упл}$, F_e , E_l) та топографію поверхні ($P_{уд}$, Rg), N – кількість зерен в одному караті, штук; n – кількість ріжучих кромок, штук; ϕ – кут загострення ріжучих кромок

	Назва характеристик, (Позначення)	АС6 50/40 Ni-Mn-C (зразок №1)		50/40 Mg-Zn-B-C (зразок №2)	
		Середнє	Одно-рідність	Середнє	Одно-рідність
Характеристики розміру зерен	Мінімальний діаметр Feret, (F_{max} , мкм)	87,24	0,5377	71,23	0,6267
	Максимальний діаметр Feret, (F_{min} , мкм)	55,42	0,6718	49,2	0,7193
	Середній розмір зерна, (d_c , мкм)	71,33	0,6307	60,21	0,6241
	Еквівалентний діаметр зерна, (d_e , мкм)	63,63	0,6788	55,59	0,6694
Характеристики форми зерен	Коефіцієнт уплющення зерен (Feret-уплощене зерен) ($K_{упл}$)	0,7146	0,7568	0,8577	0,9542
	Компактність (форм-фактор окружності фактичної поверхні проєкції зерна), (f_c)	1,6267	0,3942	1,4335	0,5524
	Еліптичність, (E_l)	1,6204	0,3209	1,4608	0,3876
	Feret-видовження (аналог коефіцієнта форми по ДСТУ 3292 та ГОСТ 9206-80), (F_e)	1,6092	0,3921	1,459	0,4396
Характеристики топографії поверхні	Питомий периметр, ($P_{уд}$, 1/мкм)	0,0871	0,4479	0,089	0,4429
	Шорсткість зерен (Roughness), (Rg)	1,0954	0,5716	1,0813	0,5651
	N , шт,	673100		1524200	
	n , шт,	7,1		9	
	ϕ , град,	81,36		95,31	

Такі результати свідчать про те, що на продуктивність обробки поверхонь ТАШ позитивно впливають такі характеристики абразиву як фактор округлості чи еліптичність, зростання кількості ріжучих кромки та однорідність зерен порошку за цими властивостями.

Окрім продуктивності ТАШ важливим критерієм є якість обробленої поверхні. Аналіз оброблених пластин показує, що на поверхні, обробленій за допомогою алмазного порошку (зразок № 2), присутні подряпини шириною до 100 мкм (рис. 2). Наявність подряпин, що перевищують розмір зерен абразиву є характерним негативним явищем при шліфуванні діелектричними алмазними порошками.

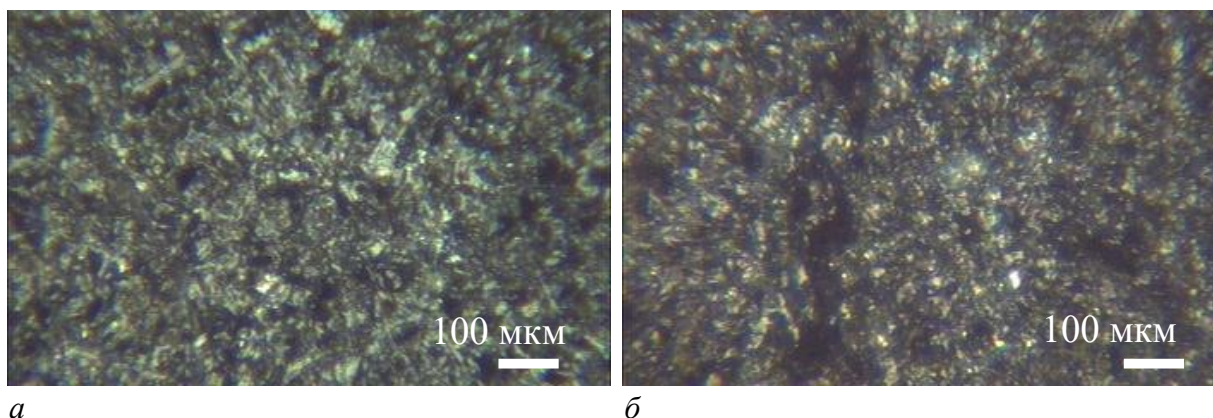


Рис. 2. Зображення поверхонь пластин із сапфіру після тонкого алмазного шліфування алмазним порошком, синтезованим в системі Mg–Zn–B–C (а); порошком АС 6, синтезованим в системі Ni–Mn–C (б)

Причиною утворення таких подряпин є наявність конгломератів алмазних зерен (конгломерація). Вона відбувається внаслідок кулонівських сил, що діють між алмазними зернами, на яких зосереджений статичний електричний заряд. Це негативно впливає на якість обробленої поверхні пластини із сапфіру. При використанні алмазного порошку, синтезованого в системі Mg–Zn–B–C, процес ТАШ відбувається без утворення таких подряпин. Швидше за все, на це впливає зменшення питомого електроопору порошку (від 10^{13} до 10^2 Ом·м), внаслідок чого утворення конгломератів алмазних зерен не відбувається. Тому застосування такого алмазного порошку, що є напівпровідником, дозволяє отримувати поверхню без подряпин.

Висновки

Зерна алмазного порошку, синтезованого в системі Mg–Zn–B–C (зразок № 2), є більш близькими до круга і еліпса за формою і більш плоскими, мають по 9 ріжучих кромки на зерно з кутом загострення – $95,31^\circ$.

Використання алмазного порошку, синтезованого в системі Mg–Zn–B–C, з показником міцності 8 Н, що відповідає марці АС6, дозволяє підвищити продуктивність шліфування на 27% у порівнянні з алмазним порошком марки АС6, синтезованим в системі Ni–Mn–C.

За рахунок зменшення питомого електроопору при тонкому алмазному шліфуванні за допомогою абразиву у вільному стані вдається отримувати поверхню без подряпин.

Представлены результаты исследования процесса тонкого алмазного шлифования сапфира при использовании полупроводникового алмазного порошка, синтезированного в системе Mg-Zn-B-C. Показано, что использование алмазного порошка позволяет повысить производительность тонкого алмазного шлифования сапфира до 27% и предотвратит образование царапин на обработанных поверхностях.

Ключевые слова: тонкое алмазное шлифование, электропроводящий алмаз.

The results of the use of semiconductor diamond powder synthesized in the system Mg-Zn-BC for fine diamond grinding of sapphire by free abrasive are presented. It is shown that the use of this powder can improve the performance of thin diamond grinding of sapphire up to 27% and prevent formation of scratches on treated surfaces.

Keywords: *free abrasive, fine diamond grinding, electrically conductive diamond.*

Література

1. Петасюк Г.А. Системно-критеріальний метод кількісної оцінки однорідності надтвердих дисперсних матеріалів // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2003. – №5. – С. 101–105.
2. Новиков Н.В., Богатырева Г.П., Петасюк Г.А. К вопросу повышения информативности морфологических характеристик порошков из сверхтвердых материалов, определяемых на видеокомпьютерных диагностических комплексах // Сверхтвердые матер. – 2005. – № 3. – С. 73–85.
3. Сафонова М.Н., Петасюк Г.А., Сыромятникова А.С. Компьютерно-аналитические методы диагностики эксплуатационных характеристик алмазных порошков и композиционных материалов на их основе. – Новосибирск: СО РАН, 2013. – 223 с.
4. Петасюк Г.А. Экстраполяционно геометрический метод измерения внешней удельной поверхности порошков сверхтвердых материалов // Измерительная техника. – 2008. – №.1. – С. 59–64.
5. Петасюк Г.А., Сирота Ю.В. Аналитическое определение количества зерен в одном карате алмазного порошка на основе экстраполяционно-аффинной 3D модели зерна // Сверхтвердые материалы. – 2012. – № 3. – С. 70–82.
6. Петасюк Г.А. Інтерпретаційні і прикладні аспекти деяких морфологічних характеристик порошків надтвердих матеріалів // Сверхтвердые матер. – 2010. – № 2. – С. 80–95.
7. 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. – V. 264. – 2014. – P. 78–85

Надійшла 10.07.14

УДК 621.371

Ю. Д. Филатов, В. И. Сидорко, доктора технических наук;
Т. А. Прихна, член-корр. НАН Украины; **А. Ю. Филатов, А. И. Боримский,**
С. В. Ковалев, А. М. Куцай, кандидаты технических наук;
А. Г. Ветров, В. Г. Полторацкий

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

ПОЛИРОВАНИЕ ПЛОСКИХ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ ИЗ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ

В результате исследования закономерностей полирования монокристаллического карбида кремния и использования в качестве критерия для оценки эффективности обработки приведенной энергии переноса обоснована целесообразность последовательного применения водных полировальных суспензий из алмазных микропорошков, порошков кубического нитрида бора и МАХ-фазы Ti_3AlC_2 .

Ключевые слова: *монокристаллический карбид кремния, энергия переноса, эффективность полирования.*