

УДК 621.9

В.І. Сідорко, к.т.н., с.н.с.
Ю.Д. Філатов, д.т.н., п.н.с.
В.Г. Крамар, к.т.н., м.н.с.
О.О. Шульженко, д.т.н., проф., член-кор. НАНУ
О.О. Бочечка, д.т.н., п.н.с.
В.В. Скрябін, м.н.с.
С.В. Ковальов, аспір.

*Інститут надтвердих матеріалів
ім. В.М. Бакуля НАН України*

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФІНІШНОЇ АЛМАЗНОЇ ОБРОБКИ МАРМУРУ

Наведено результати досліджень закономірностей процесу алмазної обробки мрамору на основі удосконаленої кластерної моделі зносу поверхонь, що взаємно притираються. Показано, що при поліруванні зразків мрамору алмазними нанопорошками детонаційного синтезу досягається достатня продуктивність обробки та висока якість обробленої поверхні за шорсткістю та відбиваючою здатністю. Встановлено, що при обробці зразків мрамору алмазними мікропорошками із компактів, спечених із нанопорошків, продуктивність зняття оброблюваного матеріалу залежить від режимних параметрів спікання полікристалів та виготовлення з них мікропорошків.

Постановка проблеми. Для дослідження фізико-хімічних процесів формування поверхонь деталей із неметалевих матеріалів інструментом зі зв'язаним полірувальним порошком і вивчення закономірностей процесу полірування використовується узагальнена кластерна модель зносу поверхонь інструмента й оброблюваної деталі, що притираються. На основі цієї моделі можна не тільки провести теоретичний аналіз закономірностей зняття оброблюваного матеріалу при поліруванні, а й прогнозувати працездатність інструментів і полірувальних порошоків при поліруванні різних неметалевих матеріалів. Крім того, до теперішнього часу існує проблема визначення полірувального порошку, який найдоцільніше використовувати при обробці конкретного матеріалу. Можливість використання в ролі полірувальних порошоків алмазних нанопорошків детонаційного синтезу ультрадисперсних алмазів (УДА) і алмазних мікропорошків із компактів, спечених із них, теж визначається тільки емпіричним шляхом на основі результатів їх випробувань при обробці поверхонь певних матеріалів.

Методика проведення досліджень. В даній роботі використовувалися алмазні нанодисперсні порошки детонаційного синтезу – УДА виробництва фірми «Аліт». Спінання вказаних порошків здійснювали при тиску 5 ГПа та різних температурах. Перед спіканням проводилася вакуумна дегазація порошків та механічна герметизація робочого об'єму апарата високого тиску, куди був поміщений дегазований порошок.

Для дослідження закономірностей зняття оброблюваного неметалевого матеріалу при поліруванні порошками УДА і алмазними мікропорошками із спечених компактів використовувалися зразки деталей з плоскими поверхнями діаметром 54 мм і висотою 10–12 мм із природного каменю (граніту, габро, лабрадориту, родоніту, чароїту та ін.), а також штучних матеріалів – декоративного ситалу, плавленого базальту, керамічного граніту, скла тощо.

Для підготовки поверхонь під полірування використовувалися круги для тонкого (ТАШ) і супертонкого (СТАШ) алмазного шліфування. В цих кругах використовувалися синтетичні алмазні шліфпорошки марки АС6 зернистістю 80/63, мікропорошки марки АСМ зернистістю 40/28 – 7/5. В якості полірувальних порошків у досліджуваних інструментах використовувалися порошки УДА. В якості підкладки полірувального інструмента використовувався деревинно-смоляний пек (ДСП).

Дослідження закономірностей полірування плоских поверхонь деталей з неметалевих матеріалів виконувались при їх обробці на шліфувально-полірувальному верстаті мод. ЗШП-320М при режимних параметрах: тиск притискання інструмента до оброблюваної деталі, МПа – 0,01–0,1, частота обертання інструменту, об/хв. – 100–200, витрати МОТС, л/хв. – 0,1–0,2. В якості МОТС при поліруванні всіх досліджуваних матеріалів використовувалася вода.

Тонке і супертонке алмазне шліфування поверхонь деталей з неметалевих матеріалів здійснювалося у 2–3 переходи за допомогою інструментів з алмазних мікропорошків зернистістю від 40/28 до 7/5 на зв'язці ПС1. В якості МОТС при ТАШ і СТАШ всіх досліджуваних матеріалів використовувалася вода.

Для оцінки ефективності процесу полірування плоских поверхонь деталей були використані наступні показники і характеристики [1–3]:

- продуктивність полірування Q , мкм/хв.;
- стан обробленої поверхні деталі;
- шорсткість обробленої поверхні деталі;
- коефіцієнт відбивання світла від обробленої поверхні.

Продуктивність полірування поверхонь деталей визначалася величиною зняття оброблюваного матеріалу Δh , віднесеною до часу полірування T_0 ($Q = \Delta h/T_0$). Величина зняття матеріалу визначалася ваговим методом за допомогою аналітичних ваг мод. АДВ-200 як різниця маси заготовки до і після полірування. Величина лінійного зняття матеріалу розраховувалася за величиною ваги через відомі значення об'єму заготовки і густини матеріалу. При визначенні продуктивності полірування гіроскопічних матеріалів (граніт, габро та ін.) заготовку перед кожним зважуванням просушували в термошафі СНОЛ – 3,5.3.5.3,5/3 при температурі 110 °С протягом 30 хвилин.

Стан оброблених поверхонь деталей оцінювався візуально за методикою, що відповідає ГОСТ 9480-89, і за допомогою скануючого мікроскопа-аналізатора «Самскан-4DV». Реєстрація інфрачервоних спектрів відбивання світла від полірованих поверхонь оброблених зразків здійснювалась за допомогою спектрометра «Specord M80» (Carl Zeiss, Jena, Німеччина).

Висотні параметри шорсткості оброблених поверхонь деталей визначалися за профілограмами, зареєстрованими за допомогою профілографів-профілометрів «Talysurf-5-120» (фірми «Taylor Hobson») та Perthometer Concept (Mahr).

Аналіз хімічного складу оброблюваних матеріалів проводився за спектрами характеристичного рентгенівського випромінювання за допомогою скануючого мікроскопа-аналізатора «Самскан-4DV» з приставкою для рентгеноспектрального аналізу «Link-860» (табл. 1–4).

Таблиця 1

Хімічний склад природних матеріалів (мас. %)

Матеріал	Відсотковий вміст оксидів, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃
Габро	45,5	17,3	8,4	11,6	0,8	1,3	0,1	3,3
Граніт	71,8	14,6	0,6	1,7	4,2	0,3	0,04	1,1

Таблиця 2

Хімічний склад штучних матеріалів (мас. %)

Матеріал	Відсотковий вміст оксидів, %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O
Ситал (кольоровий)	47,0	9,0	1,6	16,4	20,4	19	2,9
Базальт плавлений	57,2	9,4	10,4	17,9	0,5	1,9	0,8

Таблиця 3

Хімічний склад керамічного граніту, %

Матеріал	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃
KENTAUR (Чехія)	57,2	35,3	1,0	1,4	3,5	–	–	–	0,8
MIRAGE (Італія)	66,0	27,4	0,1	1,7	3,1	0,6	–	0,1	1,1
PAMESA CERAMIKA (Іспанія)	63,1	29,2	–	0,4	2,3	1,0	1,1	0,3	2,6

Таблиця 4

Хімічний склад мармуру «Verdo Sorano», %

Оксид	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃
Вміст, %	57,6	1,6	26,5	0,2	0,1	1,4	0,1	12,5

Величини коефіцієнтів відбивання світла обробленими поверхнями зразків, оброблених за допомогою порошоків УДА і алмазних мікропорошок із спечених компактів, визначалися за відношенням відбитого і падаючого випромінювання на довжині хвилі $\lambda = 530$ нм – другої гармоніки випромінювання лазера на ІАГ-Nd³⁺ (табл. 5).

Таблиця 5

Коефіцієнт відбивання світла від поверхонь деталей з неметалевих матеріалів $K_{відб.}$ та їх шорсткість (Ra)

Матеріал	$K_{відб.}, \%$	$Ra, \mu\text{мк}$
Ситал білий	$9,1 \pm 0,40$	$0,020 \pm 0,004$
Базальт плавлений	$8,2 \pm 0,10$	$0,020 \pm 0,004$
Габро	$6,7 \pm 0,03$	$0,034 \pm 0,017$
Серпентин	$5,1 \pm 0,04$	$0,064 \pm 0,010$
Амазоніт	$6,3 \pm 0,03$	$0,018 \pm 0,003$
Яшма	$6,1 \pm 0,02$	$0,032 \pm 0,009$
Чароїт	$9,23 \pm 0,08$	$0,02 \pm 0,005$
Керамічний граніт «Mirage»	$6,1 \pm 0,03$	$0,025 \pm 0,004$
Керамічний граніт «Kentaur»	$6,68 \pm 0,01$	$0,028 \pm 0,005$
Керамічний граніт «Pamesa Ceramica»	$6,67 \pm 0,01$	$0,027 \pm 0,009$

Закономірності полірування мармуру «Verdo Sorano». Для розробки методики розрахунку зняття оброблюваного матеріалу в процесі полірування необхідно визначити залежності сили ван-дер-ваальсової взаємодії між поверхнями оброблюваної деталі та інструмента і об'єму кластерів від характерних частот, що залежать від цілого набору частот їх власних коливань. Крім того, потрібно визначити характеристичну швидкість відносного переміщення інструмента і деталі в залежності від розмірів кластерів і визначити імовірність P відриву кластерів з оброблюваної поверхні.

Стосовно процесу полірування, виходячи з кластерної моделі, розрахунок інтенсивності зносу поверхонь інструмента і деталі, що притираються, здійснювався при використанні методики визначення швидкості зняття скла в залежності від параметрів процесу полірування, описаної в [1–3]. Для розрахунку продуктивності процесу полірування використовується рівняння зносу, що представляється у вигляді [4–6]:

$$V = \frac{U}{U + U_0} \cdot n_{kl} \cdot v_{kl}, \quad (1)$$

де U_0 – характеристична швидкість; n_{kl} – число кластерів, що видаляються; v_{kl} – об'єм кластера.

Виходячи з рівняння (1), можна визначити оптимальні умови процесу полірування деталей з неметалевих матеріалів за допомогою різних полірувальних порошоків [7]. Однак, у загальному випадку для неметалевих матеріалів, різних за хімічним складом, точність розрахунків продуктивності зняття – недостатня. Це обумовлено тим, що:

– кластерна модель зносу поверхонь інструмента та оброблюваної деталі [6–9] базується на тому, що сили ван-дер-ваальсової взаємодії і число фрагментів у кластері визначаються за припущення, що діелектричні проникності матеріалів деталі та інструмента не залежать від їх хімічного складу, а залежать лише від їх діелектричних проникностей і визначаються на характерній частоті ω_l ;

– імовірність $P(\nu)$ відриву кластерів з оброблюваної поверхні описується функцією розподілу Пуассона за припущення, що параметр розподілу ν незначно відрізняється від 1.

При аналізі взаємодії поверхонь інструмента та оброблюваної деталі, розділених прошарком рідини товщиною l , концентрація кластерів, що видаляються з оброблюваної поверхні, визначається формулою [6], [10], [11]:

$$n_{kl} = \frac{\omega_{123} \cdot S}{4 \cdot \pi^3 \cdot l^2} \cdot P(\nu) \cdot t_0, \quad (2)$$

в якій $P(\nu)$ – імовірність відриву кластерів, що визначається розподілом Пуассона з параметром ν ; t_0 – час полірування; S – номінальна площа контакту поверхонь інструмента та оброблюваної деталі; ω_{123} – константа Лівшиця.

Для визначення числа кластерів, що видаляються з оброблюваної поверхні, необхідно визначити енергію зв'язку за формулою

$$E_s = \frac{\sum_k \alpha_k \cdot E_{s,k}}{100}, \text{ в якій } E_s \text{ – енергія одиничного зв'язку Me-O в Me}_x\text{O}_y$$

[13], α_k – вміст Me_xO_y у відсотках, що визначається за хімічним складом зразків. Величина енергії зв'язку мармуру «Verdo Sorano» (табл. 4) складає 86,3 ккал/моль (3,7 eV).

Експерименти з вивчення ІЧ-спектрів відбивання на зразках з мармуру «Verdo Sorano» (рис. 1) дозволили визначити частоти власних коливань: 380 см^{-1} , 480 см^{-1} , 590 см^{-1} , 1065 см^{-1} .

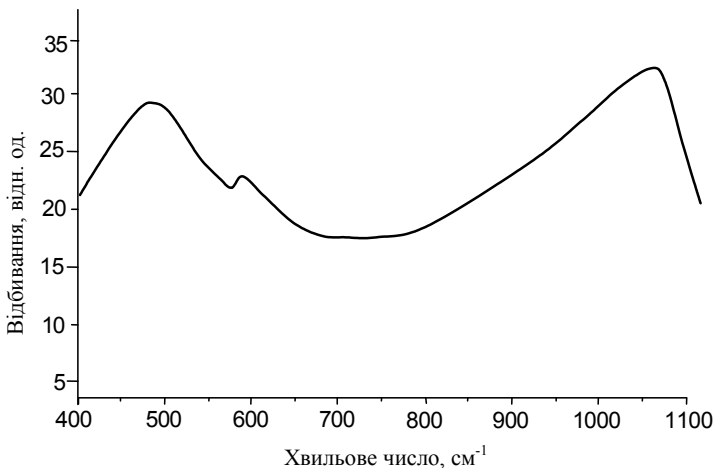


Рис. 1. ІЧ-спектр відбивання полірованої поверхні зразка з мармуру «Verdo Sorano»

Частоти власних коливань полірувального порошку – УДА визначені згідно з результатами роботи [14], в якій визначено смуги його ІЧ-поглинання (см⁻¹): 3500, 1740, 1640, 1260, 1170 та 610.

Обмежившись чотирма парами частот коливань фрагментів в оброблюваному матеріалі та полірувальному порошку ($\omega_{01,1} = 380 \text{ см}^{-1}$, $\omega_{01,2} = 480 \text{ см}^{-1}$, $\omega_{01,3} = 590 \text{ см}^{-1}$, $\omega_{01,4} = 1065 \text{ см}^{-1}$ і $\omega_{02,1} = 1170 \text{ см}^{-1}$, $\omega_{02,2} = 1260 \text{ см}^{-1}$, $\omega_{02,3} = 610 \text{ см}^{-1}$, $\omega_{02,4} = 780 \text{ см}^{-1}$), можна виразити їх в (с⁻¹) при $l = 0,3$ у вигляді:

$$\omega_{01} = \begin{pmatrix} 7,16 \\ 9,05 \\ 11,12 \\ 20,08 \end{pmatrix} \cdot 10^{13} \text{ і } \omega_{02} = \begin{pmatrix} 22,95 \\ 23,75 \\ 11,50 \\ 30,91 \end{pmatrix} \cdot 10^{13},$$

$$\omega_{\min} = 7,16 \cdot 10^{13} \text{ і } \omega_{\max} = 30,91 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1}.$$

Для визначення числа фрагментів у кластері використовувалось рівняння:

$$\xi_l = \left[\frac{\omega_{01,l}^2}{\omega_{01,l}^2 - \omega_{02,l}^2} \right]^2, \tag{3}$$

яке враховує взаємодію кластерів оброблюваної поверхні з кластерами поверхні полірувального порошку на частотах $\omega_{01,l}$ і $\omega_{02,l}$. Загальне

число фрагментів у кластері визначається сумою $\xi = \sum_l \xi_l$ і складає

приблизно 207. З урахуванням наведених частот і числа фрагментів у кластері енергія кластерів, що видаляються з оброблюваної поверхні, визначалась згідно з рівнянням: $E_{kl} = \sum_l \hbar \cdot \omega_{01,l} \cdot \xi_l$ ($\hbar = 1,054 \cdot 10^{-34}$

Джс – стала Планка) і складає близько 15,3 еВ.

Діелектрична статична проникність мармуру визначалась, виходячи з його хімічного складу (див. табл. 4), за формулою адитивності на основі даних робіт [15–17] і складає $\varepsilon_{01} = 8,7$. Діелектрична статична проникність УДА приймалась рівною $\varepsilon_{02} = 5,68$ [17]. Характерна частота ω_l і діелектричні проникності на цій частоті $\varepsilon_{1,l}(\omega_l)$, $\varepsilon_{2,l}(\omega_l)$, $\varepsilon_3(\omega_l)$ розраховувались за відомою методикою, наведеною в [7], [11], а для константи Ліфшиця використовувалось рівняння:

$$\omega_{123} = \sum_l \int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} \frac{(\varepsilon_{1,l} - \varepsilon_3)(\varepsilon_{2,l} - \varepsilon_3)}{(\varepsilon_{1,l} + \varepsilon_3)(\varepsilon_{2,l} + \varepsilon_3)} \cdot d\Omega. \quad (4)$$

Розрахунки показали, що величини діелектричних проникностей $\varepsilon_{1,l}(\omega_l)$, $\varepsilon_{2,l}(\omega_l)$, $\varepsilon_3(\omega_l)$ складають відповідно:

$$\varepsilon_{1,l} = \begin{pmatrix} 1,12 \\ 1,23 \\ 1,17 \\ 3,08 \end{pmatrix}, \quad \varepsilon_{2,l} = \begin{pmatrix} 1,60 \\ 1,83 \\ 1,11 \\ 3,19 \end{pmatrix}, \quad \varepsilon_3(\omega_l) \approx 4,$$

а константа Ліфшиця має значення $\omega_{123} = 1,81 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$.

Враховуючи, що в процесі полірування зразків з неметалевих матеріалів діаметром 54 мм при частоті обертання полірувального інструмента 200 об/хв. (кутовій частоті $\omega = 20,9 \text{ с}^{-1}$, лінійній швидкості $U = 0,57 \text{ м/с}$) товщина водяного прошарку між інструментом і деталлю складає 1,0 мкм, за формулою (2) можна визначити число кластерів, що видаляється з одиниці площі оброблюваної деталі за одиницю часу.

Враховуючи реальну площу оброблюваної поверхні $S_d = 2,29 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ і час відриву кластера, що дорівнює $t_c = 10^{-5} \text{ с}$ [18], знайдено число (концентрацію) l -тих кластерів. Воно складає:

$$n_{kl}(l) = \begin{pmatrix} 8,315 \\ 1,647 \\ 0,314 \\ 0,001 \end{pmatrix} \cdot 10^{15} \text{ (м}^{-2} \text{ с}^{-1}\text{)}.$$

Виходячи зі значень енергії зв'язку мармуру «Verdo Sorano» 3,7 еВ і енергії кластерів 15,3 еВ, знайдено параметр їх розподілу за розмірами (розподілу Пуассона за площами їх поверхні) $\nu = \frac{E_s}{E_{kl}} = 0,24$ (рис.

2).

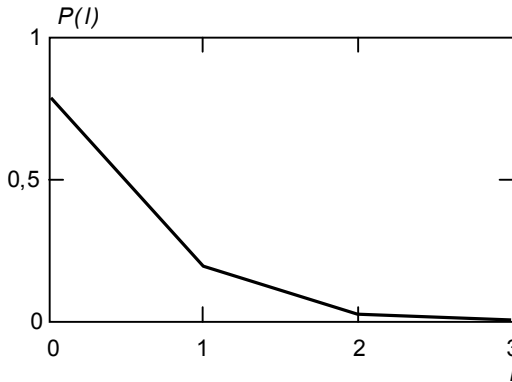


Рис. 2. Функція розподілу кластерів

Крім того, для визначення розмірів d та об'єму V_{kl} кластерів, через значення енергії кластера та поверхневої енергії оброблюваного матеріалу ($\sigma = 0,243 \text{ Дж/м}^2$ [19]) знаходились їх площі поверхні у відповідності до формули $S_l = \frac{E_{kl}}{\sigma} \cdot (l + 1)$.

Розміри кластерів (при $l = \overline{0,3}$) становлять: $d_l = \begin{pmatrix} 1,8 \\ 2,5 \\ 3,1 \\ 3,6 \end{pmatrix}$ нм, а їх

найбільш вірогідний розмір визначається у відповідності до формули $a_v = \sum_l d_l \cdot P(\nu)$ і дорівнює приблизно 2 нм.

Об'єми l -тих кластерів ($v_{kl}(l) = \frac{\pi}{6} \cdot d_l^3$) характеризувалися значеннями $v_{kl}(l) = \begin{pmatrix} 3,0 \\ 8,5 \\ 15,6 \\ 24,0 \end{pmatrix} \cdot 10^{-27} \text{ м}^3$.

Для розрахунків продуктивності полірування мармуру за формулою (1) при характеристичній швидкості, що визначена у відповідності до результатів [7, 20–22] і складає $U_0 = 1,2$ м/с, використовувалось узагальнене рівняння (1):

$$Q = \frac{U}{U + U_0} \cdot \sum_l n_{kl}(l) \cdot v_{kl}(l). \quad (5)$$

В результаті розрахунків для величини продуктивності полірування мармуру «Verdo Sorano» полірувальним порошком УДА отримано значення $Q = 1,4 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{с}$. Експерименти показали, що продуктивність полірування зразків з цього матеріалу ($\rho = 2,65 \text{ г/см}^3$ – густина оброблюваного матеріалу) складає $1,95 \pm 0,05 \text{ мг/хв}$. або $Q_e = (1,26 \pm 0,05) \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{с}$. Похибка розрахунку (відхилення розрахованої величини продуктивності полірування від її експериментально визначеного значення) не перевищує 14 %.

Оцінка ефективності процесу полірування плоских поверхонь зразків з мармуру «Verdo Sorano» здійснена і за станом обробленої поверхні, який характеризувався шорсткістю: $Ra = 0,01 \text{ мкм}$, $Rz = 0,08 \pm 0,01 \text{ мкм}$, $Rmax = 0,12 \pm 0,01$ і коефіцієнтом відбивання світла від обробленої поверхні $K_{відб.} = 6,6 \pm 0,1 \%$.

Досліджувався також вплив режимних параметрів спікання полікристалів та виготовлення з них мікропорошків на їх працездатність при обробці плоских поверхонь зразків з мармуру «Verdo Sorano». Алмазні мікропорошки, одержані з алмазних нанодисперсних порошків детонаційного синтезу за різних умов (температура спікання T , час спікання t), що характеризуються різним ступенем графітизації α та абразивною здатністю A , при поліруванні даного матеріалу показали наступні результати.

При дослідженні впливу абразивної здатності A алмазних порошків на продуктивність обробки Q природного каменю встановлено (рис. 3), що залежність $Q = f(A)$ має дві характерні області. При $A < 0,1$ відн. одиниць продуктивність зняття оброблюваного матеріалу різко зростає при збільшенні абразивної здатності алмазних порошків, а

при $A \geq 0,1$ відн. одиниць практично не змінюється і складає близько $1,15 \pm 0,13$ мкм/хв.

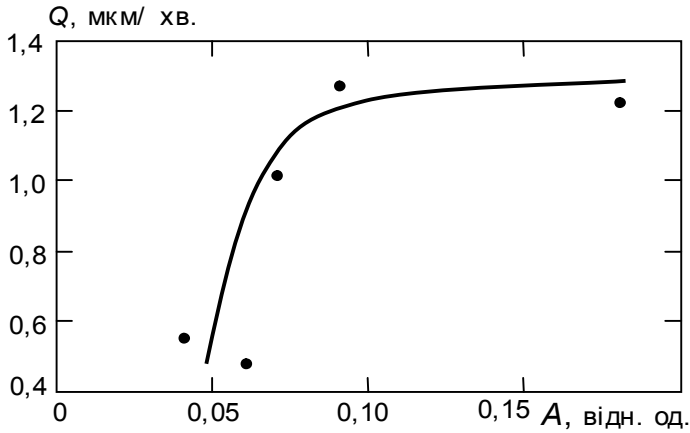


Рис. 3. Залежність продуктивності полірування Q мармуру «Verdo Sorano» від абразивної здатності A алмазних порошків

При випробуванні алмазних мікропорошків, спечених при різних температурах спікання, продуктивність обробки Q мармуру «Verdo

Sorano» складала величини $Q = \begin{pmatrix} 1,02 \\ 1,27 \\ 1,23 \\ 0,55 \end{pmatrix}$ мкм/хв. Максимальне значення

продуктивності обробки Q досягалось при використанні мікропорошків, виготовлених при певній температурі спікання (рис. 4).

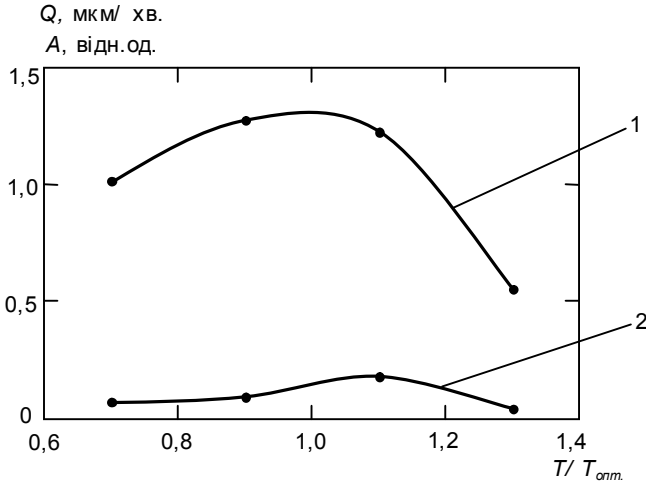


Рис. 4. Залежності продуктивності обробки Q (1) мармуру «Verdo Sorano» та абразивної здатності A (2) алмазних порошоків від температури спікання

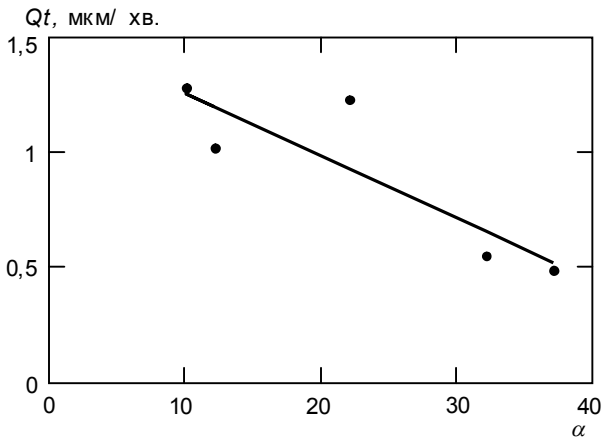


Рис. 5. Залежність продуктивності обробки Q від ступеня графітизації алмазних мікропорошків

Крім того, показано, що продуктивність обробки Q зразків з мармуру «Verdo Sorano» лінійно спадає при збільшенні ступеня графітизації α алмазних мікропорошків, одержаних з алмазних нанодисперсних порошоків детонаційного синтезу (рис. 5).

Ця залежність може бути описана функцією, що має вигляд $Qt = k \cdot \alpha + b$ ($k = -0,027$ мкм/хв., $b = 1,524$ мкм/хв. – коефіцієнти, що визначені методом найменших квадратів). Похибка апроксимації не перевищує 14 %.

При дослідженні впливу часу спікання алмазних порошків на продуктивність обробки Q мармуру встановлено, що для кожного значення температури спікання існує своє оптимальне значення часу спікання (рис. 6), при якому одержані мікропорошки мають максимальну продуктивність обробки.

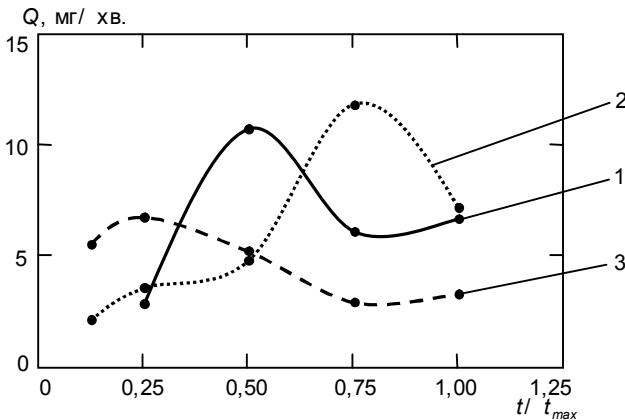


Рис. 6. Залежність продуктивності обробки від часу спікання мікропорошків:
1 – $T/T_{opt} = 0,7$; 2 – $T/T_{opt} = 0,9$; 3 – $T/T_{opt} = 1,1$

Висновки. Таким чином, на основі досліджень закономірностей процесу обробки зразків з мармуру «Verdo Sorano» полірувальними порошками УДА показано, що процес полірування плоских поверхонь зразків є ефективним з точки зору продуктивності обробки і стану обробленої поверхні за шорсткістю та відбиваючою здатністю. Встановлено, що при обробці зразків мармуру алмазними мікропорошками із спечених компактів продуктивність зняття оброблюваного матеріалу залежить від режимних параметрів спікання полікристалів та виготовлення з них мікропорошків. Виходячи з наведених результатів випробувань одержаного мікропорошку, можна визначити оптимальні режими його спікання та області, в яких його використання дає найкращі результати.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Yashchuk V.P., Filatov Y.D., Sidorko V.I., Skryabin V.V., Kramar V.G. Researches into surface layer of polished surfaces of details

- from natural and synthetic stones // Scientific works III International Young Scientists conference «Problems of optics & High technology Material Science SPO 2002», October 24–26, 2002, Kiev. – P. 100.
2. *Філатов Ю.Д., Сидорко В.И., Скрябин В.В.* и др. Финишная обработка и контроль поверхности деталей из алюмосиликатных материалов // Сверхтвердые материалы. – 2001. – № 5. – С. 70–75.
 3. *Poperenko. V.L., Filatov A.Y., Sidorko V.I.* Study of surface layer of polished surfaces of details from natural and synthetic stones // Fourth International Young Scientists Conference Problems of Optics and High Technology Material Science SPO 2003, October 23-26, 2003, Kyiv, Ukraine. – P. 99.
 4. *Rogov V.V., Filatov Y.D., Kottler W., Sobol V.P.* New technology of precision polishing of glass optic. – Optical Engineering. – V. 40, august 2001. – P. 1641–1645.
 5. *Філатов Ю.Д.* Механизм образования микрорельефа поверхности при обработке стекла // Сверхтвердые материалы. – 1991. – № 5. – С. 61–65.
 6. *Філатов Ю.Д.* Формоутворення поверхонь неметалевих матеріалів при фінішній алмазно-абразивній обробці // Вісник ЖДТУ. – 2003. – № 2 (26). Т. 2 / Технічні науки – С. 187–197.
 7. *Філатов Ю.Д.* Научные основы прецизионного полирования поверхностей деталей с кремнеземсодержащих материалов: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. – Киев, 1996. – 35 с.
 8. *Архаров В.И.* О кластерной природе конденсированного состояния вещества // Физика твердого тела.– 1989.– Вып. 19.– С. 3–8.
 9. *Петров Ю.И.* Кластеры и малые частицы. – М.: Наука, 1979. – 368 с.
 10. *Ахматов А.С.* Молекулярная физика предельного трения. – М.: Физматгиз, 1963. – 472 с.
 11. *Бараш Ю.С.* Силы Ван-дер-Ваальса. – М.: Наука, 1988. – 344 с.
 13. *Ластман Б.* Радиационные явления в двуокиси урана. – М.: Атомиздат, 1964.– 288 с.,
 14. *Долматов В.Ю.* Ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза: свойства и применение // Успехи химии, 2001. – Т. 70. – № 7. – С. 687–708.
 15. *Справочник по производству стекла. Т.1* // Под ред. И.И. Китайгородского, С.И. Сильвестровича. – М.: Гос. изд-во литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1963. – 1026 с.

16. *Эберт Г.* Краткий справочник по физике. – М.: Физматгиз, 1963. – 552 с.
17. Физические свойства алмаза: Справочник / Под ред. академика АН УССР Н.В. Новикова. – Киев: Наукова думка, 1987. – 189 с.
18. *Стрелецкий А.Н., Бутягин П.Ю.* Люминесценция и адсорбция при перестройке свежей поверхности раскола кварца // ДАН СССР. – Т. 225. – № 5. – С. 1118–1120.
19. *Цеснек Л.С.* Механика и микрофизика истирания поверхностей. – М.: Машиностроение. – 1979. – 264 с.
20. *Крамар В.Г., Сидорко В.И., Скрыбин В.В., Филатов Ю.Д.* Особенности формообразования поверхностей неметаллических материалов при декоративном полировании // Вестник ЖИТИ. – 2001 / Технические науки / Специальный выпуск. – С. 184–194.
21. *Сидорко В.И., Филатов Ю.Д.* Взаимодействие поверхностей инструмента и обрабатываемой детали при полировании неметаллических материалов // Современные процессы механической обработки инструментами с НТМ и качество поверхности деталей машин: серия Г «Процессы механической обработки, станки и инструменты» / НАН Украины. ИСМ им. В.Н. Бакуля. – Киев, 2003. – С. 157–165.
22. *Filatov Y., Sidorko V., Skryabin V.* Polishing Silica-Alumina Materials // МЕХАНИКА. – 2003. – № 4 (42). – Р. 67–69.

СІДОРКО Володимир Ігорович – кандидат технічних наук, заступник генерального директора НТАК «АЛКОН», с.н.с. Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля Національної академії наук України.

Наукові інтереси:

– фізико-хімія фінішної обробки неметалевих матеріалів.

Тел.: (044) 432-95-38

E-mail: sidorko@ism.kiev.ua

ФІЛАТОВ Юрій Данилович – доктор технічних наук, провідний науковий співробітник, завідувач лабораторії Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля Національної академії наук України.

Наукові інтереси:

– фізико-хімія фінішної обробки неметалевих матеріалів.

Тел.: 044-451-89-64

E-mail: filatov@ism.kiev.ua

КРАМАР Владислав Григорович – кандидат технічних наук, молодший науковий співробітник Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля Національної академії наук України.

Наукові інтереси:

– фізико-хімія фінішної обробки деталей з природного каменю.

Тел.: (044) 451-89-64.

E-mail: kramar@ism.kiev.ua

ШУЛЬЖЕНКО Олександр Олександрович – доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, завідувач відділу Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля Національної академії наук України.

Наукові інтереси:

– синтез надтвердих матеріалів при високих тисках.

Тел.: (044) 430-35-06

E-mail: ism1@kibor.kiev.ua

БОЧЕЧКА Олександр Олександрович – доктор технічних наук, провідний науковий співробітник Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля Національної академії наук України.

Наукові інтереси:

– спікання алмазних порошків при високих тисках.

Тел.: (044) 430-35-06

E-mail: boch@scientist.com

СКРЯБІН Віктор Валерійович – молодший науковий співробітник Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля Національної академії наук України.

Наукові інтереси:

– фізико-хімія фінішної обробки неметалевих матеріалів.

Тел.: (044) 451-89-64

E-mail: filatov@ism.kiev.ua

КОВАЛЬОВ Сергій Вікторович – аспірант Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля Національної академії наук України.

Наукові інтереси:

– фізико-хімія фінішної обробки природного каменю.

Тел.: (044) 451-89-64.

Подано 17.05.2005

Сідорко В.І., Філатов Ю.Д., Крамар В.Г., Шульженко О.О., Бочечка О.О., В.В. Скрябін, Ковальов С.В. Закономірності фінішної алмазної обробки мармуру

Сидорко В.И., Филатов Ю.Д., Крамар В.Г., Шульженко А.А., Бочечка А.А., Скрябин В.В., Ковалев С.В. Закономерности финишной алмазной обработки мрамора

Sidorko V.I., Filatov Y.D., Kramar V.G., Shulzhenko A.A., Bochechka A.A., Skryabin V.V., Kovalyov S.V. Regularities of diamond finishing marble

УДК 621.9

Закономірності фінішної алмазної обробки мармуру / В.І. Сідорко, Ю.Д. Філатов, В.Г. Крамар, О.О. Шульженко, О.О. Бочечка, В.В. Скрябін, С.В. Ковальов

Наведено результати досліджень закономірностей процесу алмазної обробки мармуру на основі удосконаленої кластерної моделі зносу поверхонь, що взаємно притираються. Показано, що при поліруванні зразків мармуру алмазними нанопорошками детонаційного синтезу досягається достатня продуктивність обробки та висока якість обробленої поверхні за шорсткістю та відбиваючою здатністю. Встановлено, що при обробці зразків мармуру алмазними мікропорошками із компактів, спечених із нанопорошків, продуктивність зняття оброблюваного матеріалу залежить від режимних параметрів спікання полікристалів та виготовлення з них мікропорошків.

УДК 621.9

Закономерности финишной алмазной обработки мрамора / В.И. Сидорко, Ю.Д. Филатов, В.Г. Крамар, А.А. Шульженко, А.А. Бочечка, В.В. Скрябин, С.В. Ковалев

Приведены результаты исследований закономерностей процесса алмазной обработки мрамора на основе усовершенствованной кластерной модели износа взаимнопритирающихся поверхностей. Показано, что при полировании образцов мрамора алмазными нанопорошками детонационного синтеза достигается достаточная производительность обработки и высокое качество обработанной поверхности за шероховатостью и преломляющей способностью. Установлено, что при обработке образцов мрамора алмазными микропорошками из компактов, испеченных из нанопорошков, производительность съема обрабатываемого материала зависит от режимных параметров спекания поликристаллов и изготовление из них микропорошков.

УДК 621.9

Regularities of diamond finishing marble / V.I. Sidorko, Y.D. Filatov, V.G. Kramar, A.A. Shulzhenko, A.A. Bochechka, V.V. Skryabin, S.V. Kovalyov

The results of researches on regularities of diamond processing marble based on improved cluster model of wear of the surfaces that are in friction contact are presented. It is shown that when polishing marble by diamond nano-powders obtained by detonation synthesis the process is characterized by sufficient productivity and the high quality of processed surfaces in terms of roughness and

reflectance. It is determined that when polishing marble by micro-powders obtained from sintered diamond nano-powder compacts productivity of material removal depends on process parameters of sintering polycrystals and making micropowders from the them.