

УДК 621.371

**Ю. Д. Філатов, В. І. Сидорко**, доктори технічних наук, **С. В. Ковальов<sup>1</sup>,  
В. А. Ковальов, О. Я. Юрчишин**, кандидати технічних наук<sup>2</sup>;  
**М. А. Данильченко, А. Г. Вєтров**, інженери<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України,  
вул. Автозаводська 2, 04074 м. Київ, e-mail: [filatov@ism.kiev.ua](mailto:filatov@ism.kiev.ua)

<sup>2</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут ім. Ігоря Сікорського», пр. Перемоги 37, 03056 м. Київ,  
e-mail: [urchyshynoks@ukr.net](mailto:urchyshynoks@ukr.net)

### **ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ ІНСТРУМЕНТУ ПРИ ПОЛІРУВАННІ ПІДКЛАДОК З НІТРИДУ АЛЮМІНІЮ**

Метою даного дослідження є вивчення механізму взаємодії частинок шламу та зносу полірувального порошку при поліруванні підкладок з кераміки на основі нітриду алюмінію за допомогою суспензії порошків нітриду бора КМ 0,5/0. На основі квантово-механічної теорії розсіювання частинок розраховано повний ефективний переріз розсіювання частинок шламу та зносу, який характеризує ймовірність розсіювання частинок в напрямку робочої поверхні притиру, та функцію його розподілу в залежності від радіусу колових зон поверхні притиру. Експериментально встановлено, що фрагменти нальоту із частинок шламу та зносу розташовуються в коловій зоні, розміри і координати місцезнаходження якої практично співпадають з розрахованими теоретично межами. Результати дослідження можна використовувати для аналізу процесу полірування неметалевих матеріалів за допомогою суспензій з різних полірувальних порошків, що має велике практичне значення, особливо, при розробці технологічних процесів фінішної обробки деталей електронної техніки та оптичних систем зі скла, кераміки, ситалів, оптичних та напівпровідникових кристалів. Особлива цінність результатів дослідження полягає в можливості прогнозування працездатності нових полірувальних суспензій стосовно використання конкретних матеріалів притиру.

**Ключові слова:** полірування, нітрид алюмінію, частинки шламу, частинки зносу полірувального порошку.

#### **Вступ**

При аналізі контактної взаємодії поверхонь оброблюваної деталі та інструменту, а також частинок шламу оброблюваного матеріалу з частинками зносу полірувального порошку на основі фізико-статистичної моделі утворення та видалення частинок шламу [1; 2] та результатів дослідження динаміки їх зіткнень та розсіювання, вивчено механізм утворення і локалізації нальоту з продуктів зносу на робочій поверхні інструменту [3; 4]. Разом з тим, процеси взаємодії частинок шламу і частинок зносу полірувального порошку в зоні контакту оброблюваної поверхні з поверхнею притиру всередині полірувальної суспензії при поліруванні кераміки та напівпровідникових кристалів для оптико-електронної техніки вивчені недостатньо, а причини виникнення нальоту з частинок шламу та зносу на поверхні притиру остаточно не з'ясовані.

Метою даного дослідження є вивчення механізму взаємодії частинок шламу та зносу між собою та з поверхнями оброблюваної деталі, притиру та зерен полірувального порошку

при поліруванні підкладок з кераміки на основі нітриду алюмінію за допомогою суспензії порошків нітриду бора КМ 0,5/0.

### Закономірності взаємодії частинок шламу і зносу

Плоскі поверхні підкладок з нітриду алюмінію (блок Ø 60 мм) полірували суспензією порошків КМ 0,5/0 на верстаті мод. 2ШП-200М при частоті обертання притиру (пінополіуретан Ø 100 мм) 90 об./хв., зусиллі притискання деталі до притиру 50,5 Н, температурі в зоні контакту 300 К та часі полірування 30 хв.

При аналізі взаємодії частинок шламу на основі класичної теорії розсіювання показано, що траєкторії їх руху закручуються і переходять на орбітальні траєкторії (Ø 25–100 нм), розташовані біля оброблюваної поверхні [4]. Оскільки класичний підхід в теорії зіткнень частинок обмежений співвідношенням невизначеності Гейзенберга [5], а оцінка невизначеності координат та імпульсу частинок показує, що невизначеність швидкості руху частинки складає  $\approx 1,9$  м/с і перевищує значення самої швидкості в 7–22 рази, при вивченні взаємодії частинок шламу між собою та з частинками зносу полірувального порошку необхідно використовувати квантово-механічну теорію розсіювання і замість значень векторів координат і імпульсів розглядати повний ефективний переріз розсіювання частинок

$$Q = 2\pi \int_0^\pi |f(\vartheta)|^2 \sin \vartheta d\vartheta \quad (\vartheta - \text{кут розсіювання}) [5].$$

При квантово-механічному розгляді руху частинок в полі  $V(r)$  хвильова функція задовольняє рівнянню Шредінгера і має вигляд [5]  $\varphi_k(r) = e^{ik(\rho)z} + \frac{f(\vartheta)e^{ik(\rho)z}}{r}$  (де

$k(\rho) = \frac{m u(\rho)}{\hbar}$  – хвильове число;  $m$  – маса частинки;  $u(\rho)$  – швидкість частинки;  $\vartheta$  – кут розсіювання;  $f(\vartheta)$  – амплітуда розсіяної хвилі). Для амплітуди розсіювання частинок використовують точний вираз [5]  $f(\vartheta) = \frac{1}{2ik} \sum_{l=0}^{\infty} (2l+1) P_l(\cos \vartheta) e^{2i\delta_l}$  (де  $l$  – азимутальне

квантове число;  $P_l(\cos \vartheta)$  – поліноми Лежандра;  $\delta_l$  – фазовий зсув хвильової функції), а кут розсіювання частинок визначається рівнянням  $\int_{r_0}^{\infty} \frac{b dr}{r^2 \sqrt{1 - \frac{V(r)}{W} - \left(\frac{b}{r}\right)^2}} = \frac{\pi \mp \vartheta}{2}$  (де  $b$  –

прицільна відстань;  $W$  – кінетична енергія частинки).

Взаємодія частинок шламу і частинок зносу полірувального порошку відбувається завдяки міжмолекулярним та електричним силам, потенціали яких визначаються у відповідності до формул [6; 7]:

$$V_{kl}(r) = -\frac{\hbar \omega_{kls}}{16\pi} \left[ \frac{d_k d_l}{r(d_k + d_l)} - 2 \ln \left( \frac{d_k d_l}{r(d_k + d_l)} \right) \right], \quad (1)$$

$$U_e(r) = \frac{q_k q_l}{4\pi \epsilon_0 \epsilon_s r}, \quad (2)$$

де  $k, l = 1, 2$  – індекси, якими позначаються частинки шламу (1) та частинки зносу полірувального порошку (2);  $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34}$  Дж·с – стала Планка;  $r$  – найкоротша відстань

між частинками;  $\omega_{kls} \approx \int_0^\infty \frac{[\varepsilon_k - \varepsilon_s][\varepsilon_l - \varepsilon_s]}{[\varepsilon_k + \varepsilon_s][\varepsilon_l + \varepsilon_s]} d\Omega$  – функція діелектричних проникностей [1];

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_s$  – статичні діелектричні проникності відповідно оброблюваного матеріалу, полірувального порошку та суспензії;  $q_1 = -1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл,  $q_2 = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл – електричні заряди відповідно частинок шламу та частинок зносу;  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м – електрична стала.

1. Потенціал взаємодії частинок шламу з розмірами  $d_1(i)$  і  $d_1(j)$  між собою ( $k = 1, l = 1$ ) визначається сумарною дією на них електричних і ван-дер-ваальсових сил  $U(r) = V_{11}(r, i, j) + U_e(r)$  (формули (1)–(2)) і спадає при збільшенні відстані між ними. Кінетична енергія

частинок шламу  $E_i(\rho) = \frac{1}{2} \rho_1 v_i u(\rho)^2$  ( $\rho_1$  – густина оброблюваного матеріалу,  $v_i$  – об'єм  $i$ -ї

частинки,  $i, j = \overline{0, N-1}$  – номер частинки,  $N = 5$ ;  $P(i, v)$  – розподіл Пуассона;  $u(\rho)$  – швидкість переміщення елемента оброблюваної поверхні, розташованого в коловій зоні радіусу  $\rho$ .

Повний переріз розсіювання частинок шламу, розрахований згідно формулі  $Q_{opt}(\rho) = [4\pi/k(\rho)]Im[f(0)]$  [5], для дрібних частинок незначно відрізняється від аналогічних значень, отриманих традиційним методом, в той час, коли для крупних частинок отримані значення на порядок менше. Представлені на рис. 1 координатні залежності величин повного перерізу

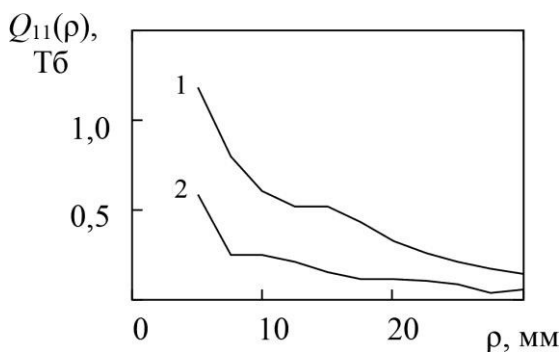


Рис. 1. Залежності повного перерізу розсіювання всіх частинок шламу  $Q_{111}(\rho)$  (1) і  $Q_{211}(\rho)$  (2) на частинках шламу від радіусу колових зон

розсіювання частинок шламу на частинках шламу складає приблизно 520 Гб, що на порядок менше класичного значення ( $\sum_{i,j} \left(\frac{\pi}{4}\right) (d(i) + d(j))^2 = 5,8$  Тб).

2. Взаємодія частинок шламу розмірами  $d_1(i)$  і частинок зносу розмірами  $d_2$  ( $k=1, l=2$ ) здійснюється завдяки міжмолекулярним та електричним силам притягання, енергія їх взаємодії визначається у відповідності до формул (1)–(2):  $U(r) = V_{12}(r, i) + U_{12}(r)$  та спадає при збільшенні відстані між частинками. Кінетична енергія частинок зносу незначно відрізняється від кінетичної енергії найбільш дрібних частинок шламу і приблизно в 10 разів менше кінетичної енергії найбільш крупних частинок.

Наведені на рис. 2 координатні залежності величин повного перерізу розсіювання частинок шламу на частинках зносу  $Q^1_{12}(\rho) = \sum_i Q_{12}(\rho)$  (крива 1) і  $Q^2_{12}(\rho) = \sum_i Q_{12opt}(\rho)$

(крива 2), показують, що величина повного перерізу розсіювання частинок шламу на частинках зносу, характерна для центральної зони оброблюваної поверхні змінюється в

межах від 10 до 20 Гб, що більш ніж у 40 разів менше класичного значення  $(\sum_i (\frac{\pi}{4}) (d(i) + d_2)^2 \approx 0,8 \text{ Тб})$ .

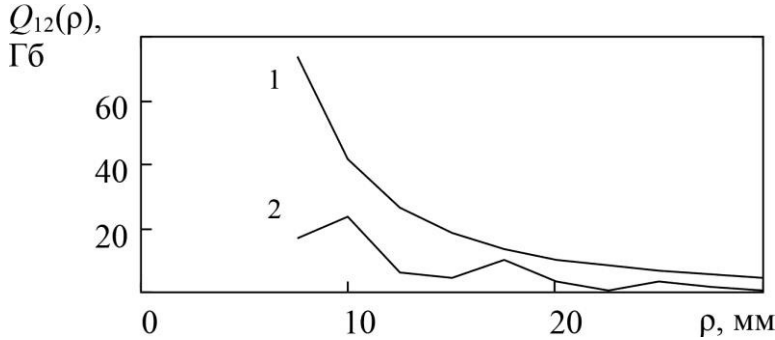


Рис. 2. Залежності повного перерізу розсіювання частинок шламу на частинках зносу  $Q_{112}(\rho)$  (1) і  $Q_{212}(\rho)$  (2) від радіусу колових зон

Залежності повного перерізу розсіювання частинок зносу на частинках зносу від радіусу колових зон (рис. 3, криві 1, 2) показують, що середня величина повного перерізу

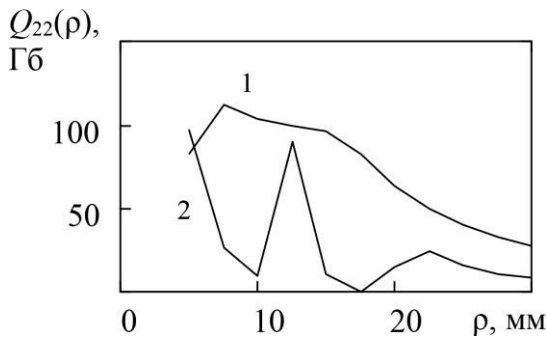


Рис. 3. Залежність повного перерізу розсіювання частинок зносу полірувального порошку на частинках зносу від радіусу колових зон

зменшується в напрямку від центра до периферії оброблюваної поверхні у відповідності до

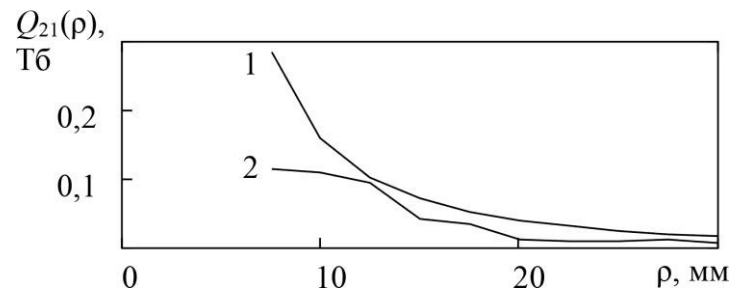


Рис. 4. Залежності повного перерізу розсіювання частинок зносу на частинках шламу від радіусу колових зон оброблюваної поверхні

показують, що він зменшується в напрямку «від центра до краю», а його середня величина складає 0,1–0,2 Тб, що в 4–8 разів менше класичного значення (0,8 Тб).

3. Взаємодія частинок зносу полірувального порошку ( $k = 2, l = 2$ ), середній розмір яких  $d_2 = 1,7 \text{ нм}$ , відбувається за міжмолекулярних сил притягання та відштовхувальних електричних сил. Енергія взаємодії частинок зносу між собою, що визначається у відповідності до формул (1)–(2)  $U(r) = V_{22}(r) + U_{22}(r)$  та зменшується при збільшенні відстані між частинками.

розсіювання змінюється в межах від 28 Гб до 112 Гб, а в центральних колових зонах оброблюваної поверхні вона практично співпадає з класичним значенням ( $\pi d_2^2 = 0,1 \text{ Тб}$ ) і приблизно в 4 рази менше – в периферійних.

4. Взаємодія частинок зносу полірувального порошку розмірами  $d_2$  з частинками шламу розмірами  $d_1(i)$  ( $k = 2, l = 1$ ) відбувається в результаті дії міжмолекулярних та електричних сил притягання, потенціали яких визначаються у відповідності до формул (1)–(2). Повний переріз розсіювання частинок зносу на частинках шламу монотонно

зменшується в напрямку від центра до периферії оброблюваної поверхні у відповідності до функції  $Q_{21}(\rho) = \alpha \rho^2$  (де  $\alpha = 0,003$ ). Наведені на рис. 4 координатні залежності величин повного перерізу розсіювання частинок зносу на частинках шламу  $Q_{21}(\rho) = \sum_i Q_{21}(i, \rho)$

Повний переріз розсіювання частинок шламу на частинках шламу і на частинках зносу, що характеризує ймовірність розсіювання всіх частинок шламу в усіх напрямках, визначається у відповідності до формули  $Q_s(\rho) = \sum_{i,j} Q_{11opt}(i,j,\rho)P(j,v) + \sum_i Q_{2opt}(i,\rho)P(i,v)$  залежить від радіусу колових зон оброблюваної поверхні (рис. 5) і показує, що розсіювання частинок шламу відбувається

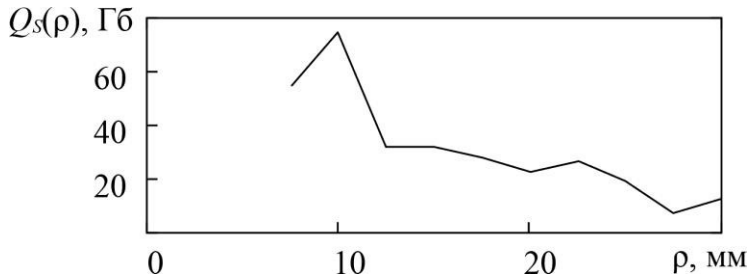


Рис. 5. Залежність повного перерізу розсіювання частинок шламу на частинках шламу і зносу від радіусу колових зон оброблюваної поверхні

переважно в коловій зоні радіусом 10 мм.

Профіль хвильового фронту частинок шламу, що рухаються в напрямку поверхні притиру, можна представити наближеною функцією

$$\psi_1(\rho) = \begin{cases} 0, & \rho < a \\ \overline{Q_s}, & a \leq \rho \leq b, \\ 0, & \rho > b \end{cases} \text{ яка є}$$

прямокутним «імпульсом»

( $a=7,5$  мм,  $b=12,5$  мм) на рівні  $\overline{Q_s} = \frac{1}{b-a} \int_a^b Q_s(\rho) d\rho$ . Функція розподілу повного перерізу

розсіювання частинок шламу вздовж радіусу колових зон поверхні притиру має вигляд

$$k_1(r) = \begin{cases} \Psi_1(r), & r_{\min} \leq r \leq r_{\max} \\ 0, & r \leq r_{\min}, \quad r \geq r_{\max} \end{cases} \text{ (де } \Psi_1(r) = \psi_1(e_0 - r); r_{\min} = 26,5 \text{ мм, } r_{\max} = 31,5 \text{ мм – радіуси,}$$

що обмежують зону, в яку розсіюються частинки шламу).

Повний переріз розсіювання частинок зносу полірувального порошку на частинках шламу і на частинках зносу залежить від радіусу колових зон оброблюваної поверхні та

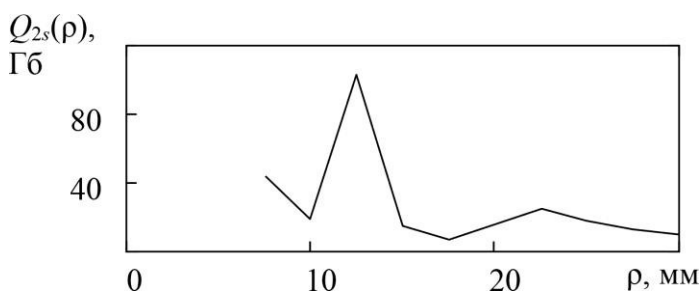


Рис. 6. Залежність повного перерізу розсіювання частинок зносу полірувального порошку на частинках шламу і зносу від радіусу колових зон

функції розподілу частинок шламу за розмірами і виражається у відповідності до формули  $Q_{2s}(\rho) = Q_{22}(\rho) + \sum_i Q_{21}(i,\rho)P(i,v)$  (рис. 6),

яка показує, що він змінюється в межах від 6 Гб до 100 Гб, має характерний максимум при  $\rho=12,5$  мм.

Найменш ефективно розсіювання частинок відбувається в коловій зоні  $\rho=10$  мм. Профіль

хвильового фронту частинок зносу полірувального порошку можна описати наближеною

функцією  $\psi_2(\rho) = \begin{cases} 0, & \rho < c \\ \overline{Q_{2s}}, & c \leq \rho \leq d, \\ 0, & \rho > d \end{cases}$  яка є прямокутним «імпульсом» ( $c=10,0$  мм,  $d=15,0$  мм) на

рівні  $\overline{Q_{2s}} = \frac{1}{d-c} \int_c^d Q_{2s}(\rho) d\rho$ . Функція розподілу повного перерізу розсіювання частинок зносу

полірувального порошку вздовж радіусу колових зон поверхні притиру має вигляд

$$k_2(r) = \begin{cases} \Psi_2(r), & r_{\min} \leq r \leq r_{\max} \\ 0, & r \leq r_{\min}, \quad r \geq r_{\max} \end{cases} \quad (\text{де } \Psi_2(r) = \psi_2(e_0-r); \quad r_{\min}=24,0 \text{ мм}, \quad r_{\max}=29,0 \text{ мм} -$$

радіуси, що обмежують зону, в яку розсіюються частинки).

При поліруванні підкладок із AlN частинки шламу рухаються переважно в напрямку притиру і локалізуються на ній у вигляді нальоту в зоні [26,5; 31,5], а частинки зносу рухаються в тому ж напрямку і локалізуються в зоні [24,0; 29,0]. Функція розподілу повного перерізу розсіювання частинок шламу та зносу вздовж радіусу колових зон поверхні притиру визначається сумою  $k_{12}(r) = k_1(r) + k_2(r)$ . Область визначення функції  $k_{12}(r)$  характеризується інтервалом радіусів колових зон поверхні притиру  $[r_1; r_4]$ , в якому вона відмінна від нуля.

Дослідження стану робочої поверхні притиру проводилось на окремих ділянках, що розташовані в різних колових зонах, за допомогою мікроскопів ЛОМО «МЕТАМР-1», оснащеного цифровою камерою Vision «STD-Res Series» і Zeiss EVO 50, показали, що на ділянці поверхні притиру розмірами  $10 \times 10 \text{ мм}^2$ , що розташована в коловій зоні  $[r_1 - 1 \text{ мм}; r_4 + 1 \text{ мм}]$  ([23 мм; 33 мм]), утворюється наліт із частинок шламу і зносу, який розташовується в коловій зоні, в якій функція розподілу повного перерізу розсіювання частинок шламу та зносу має максимальне значення. Встановлено, що фрагменти нальоту із частинок шламу та зносу розташовуються в коловій зоні, розміри і координати якої практично співпадають з розрахованими теоретично межами.

### Висновки

При дослідженні стану поверхні притиру при поліруванні елементів оптико-електронної техніки з напівпровідникових кристалів, встановлено, що при поліруванні нітриду алюмінію за допомогою суспензії порошків нітриду бору на робочій поверхні притиру утворюється наліт із частинок шламу і зносу, який розташовується в коловій зоні, в якій функція розподілу повного перерізу розсіювання частинок шламу та зносу має максимальне значення. За допомогою оптичної та електронної мікроскопії показано, що фрагменти нальоту із частинок шламу та зносу розташовуються в коловій зоні, розміри і координати якої розраховані теоретично.

*Целью данного исследования является изучение механизма взаимодействия частиц шлама и износа полировального порошка при полировании подложек из керамики на основе нитрида алюминия с помощью суспензии порошков нитрида бора КМ 0,5/0. На основе квантово-механической теории рассеяния частиц рассчитано полное эффективное сечение рассеяния частиц шлама и износа, характеризующее вероятность рассеяния частиц в направлении рабочей поверхности притира, и функцию его распределения в зависимости от радиуса круговых зон поверхности притира. Экспериментально установлено, что фрагменты налета с частиц шлама и износа располагаются в круговой зоне, размеры и координаты местонахождения которой практически совпадают с рассчитанными теоретически пределами. Результаты исследования можно использовать для анализа процесса полирования неметаллических материалов с помощью суспензий из разных полировальных порошков, что имеет большое практическое значение, особенно, при разработке технологических процессов финишной обработки деталей электронной техники и оптических систем из стекла, керамики, ситаллов, оптических и полупроводниковых кристаллов. Особая*

ценность исследования заключается в возможности прогнозирования работоспособности новых полировальных суспензий при использовании конкретных материалов притира.

**Ключевые слова:** полирование, нитрид алюминия, частицы шлама, частицы износа.

**Yu. D. Filatov, V. I. Sidorko, S. V. Kovalev, V. A. Kovalev, O. I. Yurchishin,  
M. A. Danilchenko, A. G. Vetrov**

**STUDY OF THE STATE OF THE WORKING SURFACE OF THE TOOL  
AT POLISHING THE SUBSTRATE FROM NITRIDE ALUMINUM**

*The purpose of this study is to study the mechanism of interaction of sludge particles and wear of a polishing powder when polishing substrates of ceramics based on aluminum nitride using a suspension of boron nitride KM 0.5 / 0 powders. On the basis of the quantum mechanical theory of particle scattering, the total effective scattering cross-section of slime and wear particles is calculated that characterizes the probability of scattering of particles in the direction of the working surface of the lap and the function of its distribution, depending on the radius of the circular zones of the surface of the lapping. It has been experimentally established that the fragments of the plaque from the particles of slime and wear are located in a circular zone whose dimensions and coordinates of the location practically coincide with those calculated theoretically. The results of the study can be used to analyze the polishing of nonmetallic materials with the help of suspensions from different polishing powders, which is of great practical importance, especially in the development of technological processes for finishing parts of electronic equipment and optical systems of glass, ceramics, glass, optical and semiconductor crystals. A special value of the study is the ability to predict the performance of new polishing suspensions using specific lap materials.*

**Key words:** polishing, aluminum nitride, sludge particles, wear particles.

**Література**

1. Філатов Ю. Д., Сідорко В. І., Філатов О. Ю., Ковальов С. В. Фізичні засади формоутворення прецизійних поверхонь під час механічної обробки неметалевих матеріалів. Монографія. – К.: Наукова думка, 2017.– 248 с.
2. Filatov Yu. D. Sidorko V. I. Statistical approach to wear of nonmetallic workpiece surfaces in polishing // Journal of Superhard Materials. – 2005. – 27. – N 1. – P. 53–60.
3. Filatov A.Yu., Sidorko V. I., Filatov Yu. D. Special features of macro- and microrelief formation in non-metallic flat surface in diamond grinding. // Journal of Superhard Materials. – 2007. – 29. – N 6. – P. 361–368.
4. Sidorko V., Novikov M., Filatov Yu. Diamond-abrasive finishing non-metallic materials // Conference Proceedings of International Conference «Advanced Processing for Novel Functional Materials – APNFM 2008». – 23–25 January 2008. – P. 141–143.
5. Эйринг Г., Лин С. Г., Лин С.М. Основы химической кинетики: Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 528 с.
6. Кац Е. И. Силы Ван-дер-Ваальса, Казимира и Лифшица в мягкой материи // Успехи физ. наук. – 2015. – 185. – № 9. – С. 964–969.
7. Дерягин Б. В., Абрикосова И. И., Лифшиц Е. М. Молекулярное притяжение конденсированных тел // Успехи физ. наук. – 2015. – 185. – № 9. – С. 981–1001.

*Надійшла 14.05.18*

## References

1. Filatov, Yu. D. & Sidorko, V. I. & Filatov, O. Yu. & Kovalov, S. V. (2017). *Fizychni zasady formoutvorennia pretsyziinykh poverkhon pid chas mekhanichnoi obrobky nemetalevykh materialiv [Physical basis for the formation of precision surfaces in the machining of nonmetallic materials]*. – Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
2. Filatov Yu. D. & Sidorko V. I. (2005). Statistical approach to wear of nonmetallic workpiece surfaces in polishing. *Journal of Superhard Materials, Vol. 27, 1*, 53–60.
3. Filatov A. Yu., Sidorko V. I., & Filatov Yu.D. (2007). Special features of macro- and microrelief formation in non-metallic flat surface in diamond grinding. *Journal of Superhard Materials, Vol. 29, 6*, 361–368.
4. Sidorko V., Novikov M., & Filatov Yu. (2009). Diamond-abrasive finishing non-metallic materials. Proceedings from Advanced Processing for Novel Functional Materials '08: *International Conference «Advanced Processing for Novel Functional Materials – APNFM 2008» (23–25 January 2008)*. (pp. 141–143). International Congress Center Dresden, Germany.
5. Эйрнх Н., Лин С.Н., & Лин С.М. (1983). *Osnovy khymycheskoi kynytyky [Fundamentals of Chemical Kinetics]*. Moscow: Mir [in Russian].
6. Kats E. I. (2015). Sily Van-der-Vaalsa, Kazimira i Lifshitsa v miahkoi materii [The forces of van der Waals, Casimir and Lifshitz in soft matter]. *Uspekhy fizycheskikh nauk – Advances of Physical Sciences, Vol. 185, 9*, 964–969 [in Russian].
7. Deriahin, B. V., Abrikosova, I. I., & Lifshits, E. M. (2015). Molekuliarnoe pritiazhenie kondensirovannykh tel [Molecular attraction of condensed bodies]. *Uspekhy fizycheskikh nauk – Advances of Physical Sciences, Vol. 185, 9*, 981–1001 [in Russian].

УДК 621.941

**Л. Н. Девин**, д-р техн. наук, **Н. Е. Стахнив**, канд. техн. наук,  
**А. С. Антонюк**, инж., **С. В. Рычев**, м.н.с.

<sup>1</sup>Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, ул. Автозаводская 2,  
04074 г. Киев, e-mail: ldevin@ism.kiev.ua

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ЧИСТОВОМ ТОЧЕНИИ РЕЗЦАМИ С АЛМАЗНО–ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ ПЛАСТИНАМИ КРУГЛОЙ ФОРМЫ

Исследовано влияние скорости резания на температуру при чистовом точении титанового сплава ВТ1-0, алюминиевого сплава АК6 и латуни Л80 алмазно-твердосплавными пластинами. Приведено описание градуировки термомпары. Установлено, что при чистовом точении титанового сплава ВТ1-0 резцами с круглыми пластинками АТП: с увеличением скорости резания от 0,4 до 4,2 м/с при подаче 0,1 мм/об и 0,05 мм/об температура в зоне резания нелинейно увеличивается от 400° до 1200 °С; при скорости резания 1,5 м/с температура в зоне резания превышает 700 °С, что обуславливает образование высокотвердых оксидов и нитридов титана. Установлено, что при чистовом точении алюминиевого сплава АК6 и латуни Л80 резцами с круглыми пластинками АТП с увеличением скорости резания от 0,5 до 4,0 м/с при подаче 0,1 мм/об температура в зоне резания нелинейно увеличивается от 110 до 400 °С.