

ДО ПИТАННЯ ПРО ЗНОС ШЛІФУВАЛЬНИХ КРУГІВ З ПЕРЕРИВЧАСТОЮ РОБОЧОЮ ПОВЕРХНЕЮ

С.М. Уминський

О.О. Якімов, Н.М. Клименко, Ю.В. Шіхірева, С.Ю. Дмитрієва,
Одеський національний політехнічний університет

Встановлено, що коливання при переривчастому шліфуванні, викликані параметричним резонансом, можуть бути частково знижені або усунуті повністю шляхом збільшення жорсткості пружної системи верстата, застосуванням переривчастих кругів певної геометрії, підвищенням окружної швидкості круга. На основі проведених експериментів по визначенню питомої зносу ельборових переривчастих кругів обґрунтовано доцільність їх використання при глибинному шліфуванні.

Ключові слова: Розмірний знос, питомий знос, переривчасте шліфування, стійке шліфування, глибинне шліфування, ріжучі виступи.

Вступ. При шліфуванні фактична глибина різання завжди менше глибини, за встановленою по лімбу верстата. Це пояснюється недостатньою жорсткістю пружної системи верстата, зносом абразивного круга і зниженням його ріжучої здатності. Чим вище ріжуча здатність шліфувального круга і жорсткість технологічної системи і менше розмірний знос абразивного інструменту, тим за менший час можна добитися необхідних показників точності обробки. Розмірний знос кругів з переривчастою робочою поверхнею більше зносу звичайних (суцільних) кругів. Це пояснюється самозаточуваністю переривчастих кругів. Самозаточуваність абразивного інструменту сприяє збільшенню його стійкості, тобто збільшенню часу між двома правками, але надмірна самозаточуваність призводить до зменшення розмірної стійкості круга і, як наслідок, до скорочення часу між правками. Скорочення часу між правками зменшує продуктивність шліфування. Проблемі зменшення розмірного зносу абразивного інструменту присвячені роботи [1-8]. У зв'язку з труднощами оцінки ролі окремих факторів на радіальний знос абразивних кругів в умовах переривчастого шліфування ця проблема досі залишається актуальною.

Мета роботи: вивчити вплив параметрів режиму шліфування і розмірів геометричних елементів робочої поверхні переривчастих абразивних кругів на їх розмірний і питомий знос.

Результати досліджень При шліфуванні переривчастими кругами відбувається періодична зміна жорсткості пружної системи плоскошлифовального верстата, що приводить до виникнення параметричного резонансу. В результаті появи в пружною системі верстата коливань великої амплітуди абразивний переривчастий круг починає працювати в режимі катастрофічного зносу, супроводжуваного прижогами і хвилястістю на оброблюваних поверхнях. На рис. 1, 2, 3 показані зони параметричної нестійкості пружної системи плоскошліфовального верстата (горби) і галузі сталого шліфування (проміжки між горбами), розраховані в інтервалах зміни чисел ріжучих виступів

$0 \leq n \leq 160$ (а) і величин відносин розмірів западин l_2 до довжин виступів l_1 $0,325 \leq \frac{l_2}{l_1} \leq 0,450$ (б) за формулами [9].

$$|L| > \frac{1+M}{2} \quad (1)$$

де

$$L = \frac{e^{-h(\tau_1 + \tau_2)}}{h(k_2 + h \sin 2k_2 \tau_1)} \left[k_1^2 \sin k_1 \tau_1 \sin k_2 \tau_2 - \right. \\ \left. - 2 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \cos k_2 \tau_1 \cdot \cos k_1 \tau_1 \cdot \cos k_2 (\tau_1 + \tau_2) - \right. \\ \left. - k_2^2 \sin k_1 \tau_1 \sin (2 \cdot k_2 \tau_1 + k_2 \tau_2) \right] \quad (2)$$

$$M = \frac{k_1 k_2 e^{-2h(\tau_1 + \tau_2)} \cos (2 \cdot k_2 \cdot (\tau_1 + \tau_2))}{h(k_2 + h \sin 2k_2 \tau_1)} \quad (3)$$

τ_1, τ_2 – часи проходження над оброблюваної поверхнею виступу і западини переривчастого круга, с;

$$k_1 = \sqrt{\frac{C_o}{m} + \frac{C_o \cdot \left(\frac{t_n}{t_\phi} - 1 \right)}{2 \cdot m}} - h^2, k_2 = \sqrt{\frac{C_o}{m} - \frac{C_o \cdot \left(\frac{t_n}{t_\phi} - 1 \right)}{2 \cdot m}} - h^2 ;$$

t_n – глибина різання, по лімбу встановлена, м; t_ϕ – фактична глибина різання, м; C_o – приведена жорсткість пружної системи верстата, Н / м; h – величина, що характеризує згасання коливань у часі, 1 / с. m – приведена маса шліфувального круга, (Н·с²) / м. Розрахунки проводилися для різних значень наведеної жорсткості C_o : $C_o = 0,3 \cdot 10^6$ н/м (рис.1), $C_o = 2 \cdot 10^6$ н/м (рис.2), $C_o = 3,5 \cdot 10^6$ н/м (рис.3). З рис.1, 2, 3 (а) видно, що зі зростанням жорсткості пружної системи розміри C_o областей стійкого шліфування, заміряли уздовж осі n , розширюються, а самі області зміщуються в напрямку збільшення числа прорізів на крузі. З рис.1, 2, 3 (б) видно, що зі збільшенням жорсткості C_o кількість зон параметричної стійкості в напрямку осі N зростає, а їх розміри зменшуються. З рис.1, 2, 3 видно, що зі зростанням швидкості розміри V_{kp} областей стійкого шліфування, заміряли уздовж осі n , звужуються (а), а вздовж осі N розширюються (б). Аналіз рис.1, 2, 3 (а) дозволив побудувати графіки $\Delta n = f(C_o)$ і $n_{cp} = f(C_o)$ для окружних швидкостей круга $V_{kp} = 25$ м/с и $V_{kp} = 40$ м/с, де:

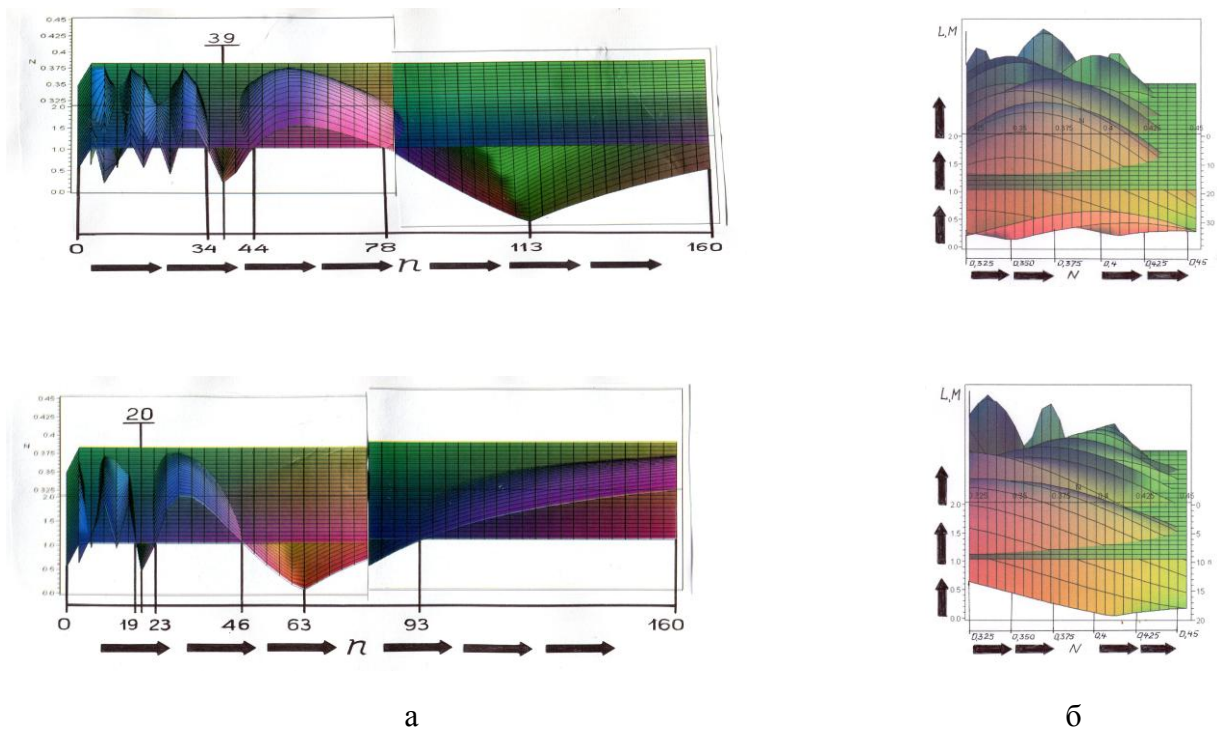


Рис.1. Зони параметричної нестійкості пружної системи верстата (горби), побудовані в інтервалах $0 \leq n \leq 160$ (а), $0,325 \leq N \leq 0,450$ (б) для $V_{kp} = 25$ м/с (верхній ряд), $V_{kp} = 40$ м/с (нижній ряд), $C_0 = 0,5 \cdot 10^6$ н/м

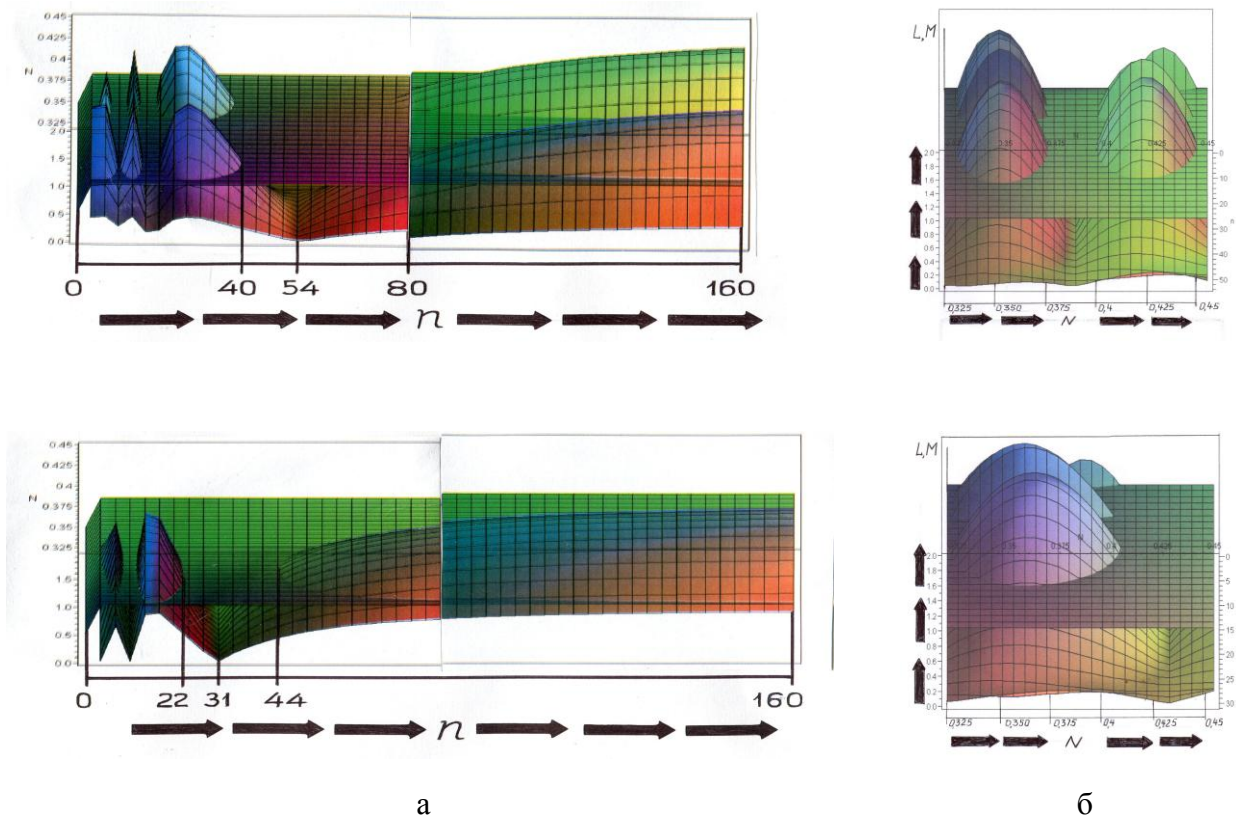


Рис.2. Зони параметричної нестійкості пружної системи верстата (горби), побудовані в інтервалах $0 \leq n \leq 160$ (а), $0,325 \leq N \leq 0,450$ (б) для $V_{kp} = 25$ м/с (верхній ряд), $V_{kp} = 40$ м/с (нижній ряд), $C_0 = 2 \cdot 10^6$ н/м

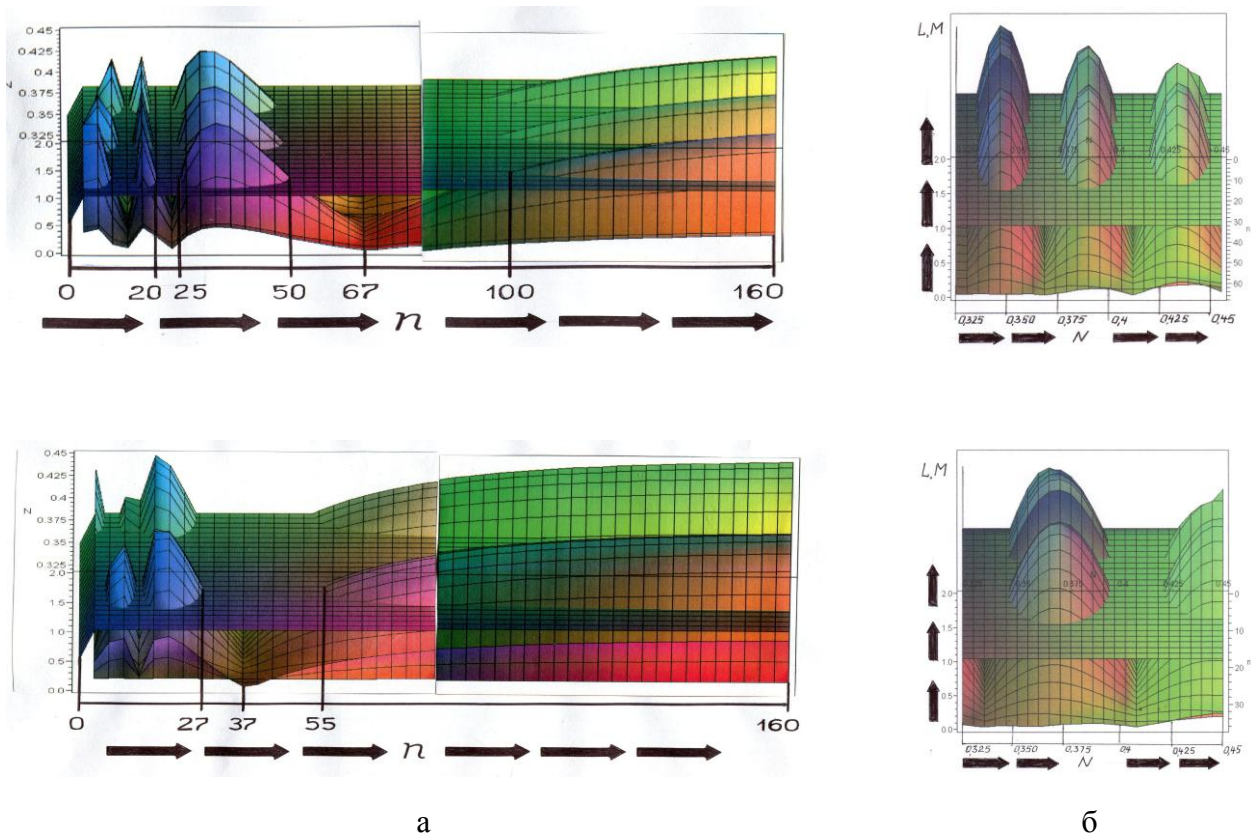


Рис.3. Зони параметричної нестійкості пружної системи верстата (горби), побудовані в інтервалах $0 \leq n \leq 160$ (а), $0,325 \leq N \leq 0,450$ (б) для $V_{кр} = 25$ м/с (верхній ряд), $V_{кр} = 40$ м/с (нижній ряд), $C_0 = 3,5 \cdot 10^6$ н/м

Δn – інтервал чисел ріжучих виступів на переривчастому крузі, що визначає ширину зони стійкого шліфування $n_{ср}$ – число ріжучих виступів, відповідне мінімального значення L на інтервалі Δn . Графіки наведені на рис.4. З аналізу рис.4 (б) слід, що за рахунок швидкості різання $V_{кр}$ можна домогтися значного зменшення кількості прорізів на переривчастих кругах, що сприяє зменшенню їх вартості. Підвищення вартості переривчастих абразивних кругів зі збільшенням числа прорізів пояснюється недосконалістю технології їх виготовлення: пази прорізаються на заточувальних верстатах, оснащених ділильними пристроями. Крім того, зі збільшенням швидкості різання $V_{кр}$ збільшуються інтервали значень N , що визначають розміри областей стійкого шліфування (рис.1 (б), 2 (б), 3 (б)). Збільшення інтервалів значень N , рівних величинам відносин розмірів западин l_2 до довжин виступів l_1 , знижує ймовірність виходу із зони сталого шліфування через зменшення довжини ріжучого виступу, пов'язаного з формуванням на ньому «фронтального» ділянки (рис.5) [10, 11] і зменшенням діаметра круга, викликаного лінійним зносом останнього (рис.6).

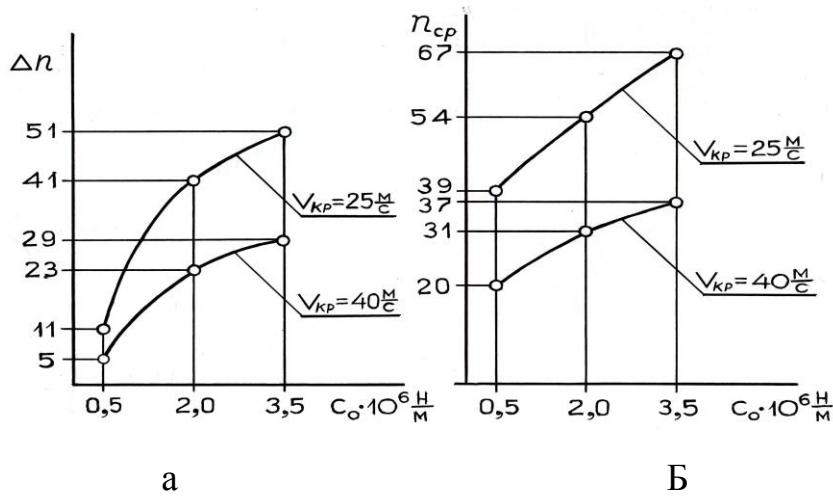


Рис.4. Графіки, що показують характер збільшення Δh (а) і n_{cp} (б) із збільшенням приведеної жорсткості C_0 пружної системи верстата для $V_{kp} = 25 \text{ м/с}$ і $V_{kp} = 40 \text{ м/с}$

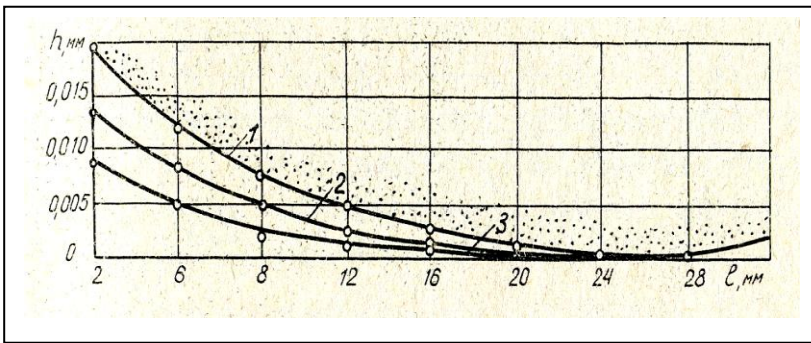


Рис.5. Залежність зносу по довжині різального виступу від жорсткості шпиндельного вузла ($V_{kp} = 25 \text{ м/с}$, $V_{det} = 10 \text{ м/хв.}$, $t = 0,03 \text{ мм/ход}$ стола; круг 24А25СМ1К1): 1 – $C_{yd} = 300 \text{ кг/мм}$; 2 – $C_{yd} = 625 \text{ кг/мм}$; 3 – $C_{yd} = 1000 \text{ кг/мм}$;

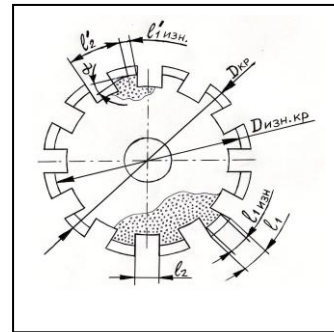


Рис.6. Зменшення довжини різального виступу переривчастого шліфувального круга при його лінійному зносі

Крім того, зі збільшенням окружної швидкості кола V_{kp} зменшується його зношення (рис.7, 8) [10], що сприяє збереженню величини відносини $N = l_2 / l_1$ і, як наслідок, зниження ймовірності виходу із зони сталого шліфування. При шліфуванні з великою глибиною і недостатньою окружною швидкістю круга збільшується втрата зерен в роботі і, як наслідок, порушується правильна геометрична форма круга. При цьому в процесі шліфування виникають вібрації і круг необхідно часто правити для відновлення форми. Для підвищення розмірної стійкості кругів необхідно підвищувати окружну швидкість круга до 40 м / с і передбачити в верстатах можливість збереження сталості окружної швидкості круга в міру його зносу. На рис.5 показана залежність зносу по довжині ріжучого виступу від жорсткості шпиндельного кута. При переривчастому шліфуванні за час проходження западини над зоною контакту деталь переміщається на деяку величину. Це обумовлює збільшення знімаемого обсягу металу окремими абразивними зернами

розташованими близько передньої кромки різального виступу. Зростаюча сила удару, сприймається цими зернами, викликає інтенсивне їх

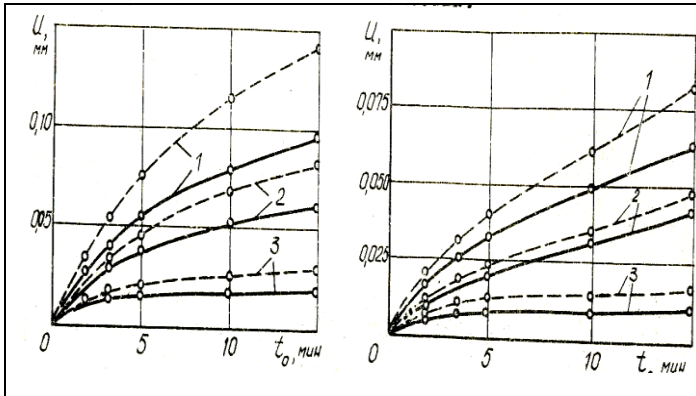


Рис.7. Вплив окружної швидкості круга на його знос без попереднього навантаження шліфувального вузла (а) і з попереднім навантаженням (б) $P = 25$ кг: 1 – $V_{кр} = 16$ м/с; 2 – $V_{кр} = 25$ м/с; 3 – $V_{кр} = 35$ м/с; ($V_{дет} = 10$ м/хв.; $e = 0.03$ мм/ход стола);

Штрихові лінії – переривчасте шліфування;
Суцільні лінії – суцільне шліфування.

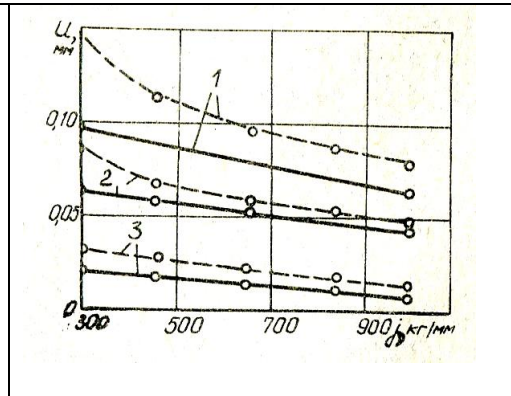


Рис.8. Залежність лінійного зносу і круга від питомої жорсткості C_{yd} шліфувального вузла: ($V_{дет} = 10$ м/хв.; $t = 0.03$ мм/ход стола); 1 – $V_{кр} = 16$ м/с; 2 – $V_{кр} = 25$ м/с; 3 – $V_{кр} = 35$ м/с; штрихові лінії – переривчасте шліфування; суцільні лінії – суцільне шліфування.

самозаточування і на ріжучих виступах формуються «фронтальні» ділянки, що мають деякий кут нахилу до площини різання [10, 11]. З рис. 6 видно, що формування «фронтального» ділянки призводить до збільшення ширини западини за рахунок зменшення довжини ріжучого виступу. Якщо глибина різання перевищує величину «затилювання» ріжучого виступу або дорівнює їй, то розміри виступів і западин залишаються колишніми. Ширина западини збільшується, якщо глибина різання стає менше глибини «затилювання» виступу. Зміна співвідношення між розмірами виступів l_1 і западин l_2 може привести до виходу з зони стійкого шліфування, розміри якої визначаються інтервалом допустимих значень $N = l_2 / l_1$. З рис.5 видно, що з підвищенням жорсткості шпиндельного вузла нерівномірність зносу на різних ділянках по довжині ріжучого виступу знижується більш ніж в два рази, що пояснюється зменшенням амплітуди вимушених коливань круга. Залежно розмірного зносу від часу затуплення і різних окружних швидкостей кола при шліфуванні без навантаження шпиндельного вузла і з його навантаженням показані на рис.7 [10]. Збільшення окружної швидкості круга різко знижує його знос, що пояснюється зменшенням навантаження на ріжучі зерна. Розмірний знос переривчастих кругів у всьому досліджуваному діапазоні швидкостей різання збільшується в порівнянні із суцільним шліфуванням в 1,3 - 1,5 разів, що можна пояснити підвищеною самозаточуваністю переривчастого абразивного інструменту. Збільшення жорсткості при шліфуванні переривчастими кругами на окружних швидкостях 16 і 25 м / с зменшує знос по криволінійному закону, а при шліфуванні на швидкостях 35 м / с і на всіх швидкостях при суцільному крузі – по прямій

лінії (рис.8) [10]. На рис.9 [12] наведено залежності одиничної і сумарною тангенціальною складових сил різання (а, б) і поверхневої температури шліфування (в) від швидкості обертання шліфувального круга.

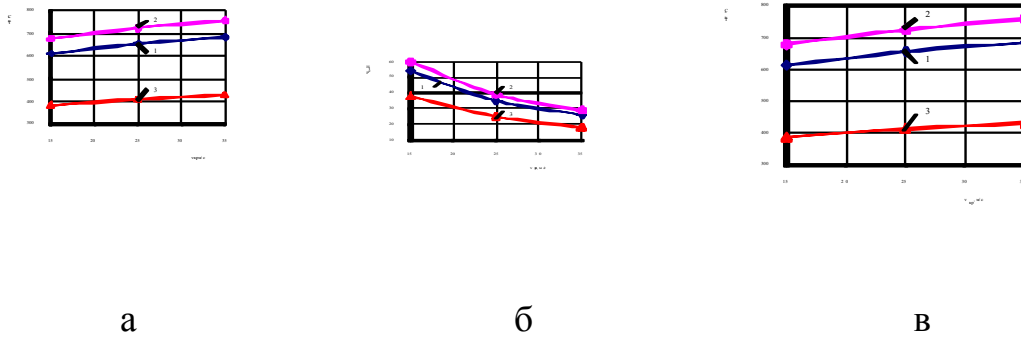


Рис.9. Залежності сумарної сили різання (а), одиничної сили (б), температури поверхні (в) від швидкості обертання шліфувального круга при шліфуванні деталей з композиційним TiC –NiP –Cu – покриттям завтовшки $h = 0,5$ мм режимі $V_{kp} = 15$ м/хв., $S = 2$ мм/дв.хід, $t = 0,01$ мм кругами: 1 – 24A25CM1K1, 2 – 63C40CM16K5, 3 – AC4200/160 100K1

Сумарна сила різання розраховувалася за формулою [12]

$$P_z = 5,46 \cdot \left(\frac{K_v \cdot \sigma \cdot A \cdot r \cdot V_d \cdot l_\phi}{R_{kp}} \right) \cdot \left(\frac{\varepsilon \cdot \alpha}{V_{kp}} \right)^{0,7} \cdot \tau^{0,44},$$

де K_v – температурно-швидкісний коефіцієнт; $K_v = 2,74 \cdot 10^6 \cdot V_{kp}^{0,4}$; σ – межа міцності при статичних методах випробувань;

$$A = \frac{\cos \gamma' - \mu \cdot \sin \gamma'}{\sin \theta' \cdot (1 - \mu \cdot \mu') \cdot \cos(\gamma' + \theta') + (\mu + \mu') \sin(\gamma' + \theta')};$$

θ' – кут сколювання; γ' – передній кут; μ – коефіцієнт тертя зерна об метал; μ' – коефіцієнт внутрішнього тертя при пластичній деформації;

$$\gamma' = \frac{1}{2} \cdot \left(\pi - \arcsin \frac{3 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{r}} \right); \quad \theta' = 45^\circ - \frac{\gamma' + \mu + \mu'}{2}; \quad V_d - \text{швидкість деталі}; \quad R_{kp} - \text{радіус шліфувального круга};$$

ε – коефіцієнт теплової активності металу $\varepsilon = \sqrt{\lambda \cdot c \cdot \gamma}$; λ – коефіцієнт теплопровідності; c – питома теплоємність; γ – щільність оброблюваного матеріалу; α – коефіцієнт температуропровідності; l_ϕ – фактична відстань між зернами на поверхні кола $l_\phi = 6,48 \cdot V_{kp}^{0,5} \cdot n_{y\phi}^{-0,5}$; $n_{y\phi} = 111 \cdot 10^6 \cdot N_3^{-1,3} \cdot N_{cmp}^{-0,17}$; N_3 – номер зернистості круга; N_{cmp} – номер структури круга; r – радіус заокруглення зерна, мкм; для електрокорунду білого $r = 10^{-6} \cdot N_3^{0,85}$; для корбіда кремнію зеленого $r = 10^{-6} \cdot N_3^{0,85} \cdot 1,4$; для алмазу $r = 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot N_3^{0,85}$; τ – час.

Одинична сила визначається за формулою $P_{z1} = 0,6 \cdot \sigma_{\partial} \cdot f \cdot A$.

σ_{∂} – межа міцності «динамічної», тобто з урахуванням дії як температурного, так і швидкісного фактора;

$$\sigma_{\partial} = \sigma_{nl} \cdot \exp \left\{ m \cdot \left[1773 - (\theta + 273) \cdot \left(0,017 \cdot l_n \cdot \frac{10^3 \cdot V_{kp}}{h} \right) \right] \right\};$$

$m = 0002$ (для сталі); σ_{nl} – межа міцності при температурі плавлення;

$$f = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot V_{\partial} \cdot l_{\phi} \cdot \tau}{R_{kp}}; \quad h = \frac{V_{\partial} \cdot l_{\phi} \cdot \tau}{V_{kp}}; \quad \theta - \text{температура від одиничного}$$

$$\text{зерна } \theta = \frac{q \cdot \sqrt{\alpha \cdot \tau}}{f \cdot \lambda \cdot \sqrt{\pi}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{r \cdot h}{2 \cdot \alpha \cdot r}} \right); \quad q - \text{потужність теплового джерела; } q = P_z \cdot V_{kp}.$$

З рис.9 видно, що зі збільшенням швидкості круга сили різання, що припадають на ріжучу кромку зерна, знижуються. Це пояснюється зменшенням перетину зрізу одиничним зерном і призводить до зменшення лінійного зносу круга. Збільшення швидкості круга призводить до підвищення температури при шліфуванні, що може привести до погіршення якості поверхневого шару оброблюваної деталі. З рис. 9 (в) видно, що застосування алмазних кіл дозволяє значно знизити температуру шліфування в порівнянні з абразивною обробкою. Аналогічний результат виходить при використанні ельборових кіл [11]. На рис.10 в збільшеному вигляді представлені профілі ріжучих виступів ельборового переривчастого круга 1А1 200x75x5x20 КР 160/125 Б8 100 після 2-хвилинної і 7-хвилинної обробки зразків зі сталі Р6М5 шириною 8 мм, довжиною 150 мм на плоскошліфувальному верстаті моделі ЗГ71М методом врізання. Встановлено, що після підробітки профілі ріжучих виступів круга набувають постійну форму. Незалежно від режимів шліфування кут атаки фронтальної зони

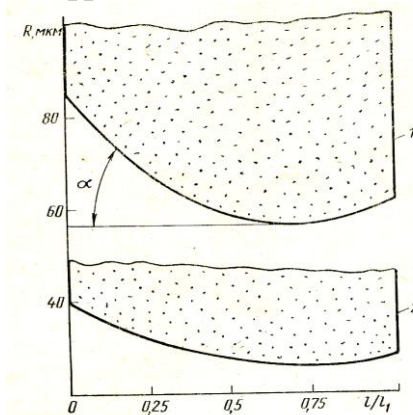


Рис.10. Характер зносу різального виступу ельборового переривчастого круга в різні проміжки часу: 1 – $\tau = 7$ хв.; 2 — $\tau = 2$ хв.

переривчастого круга КР 160/125 Б8 100 з 12 виступами ($l_1 = 45$ мм, $l_2 = 20,5$ мм) після 4 – 5 - хвилинного періоду шліфування дорівнює 6 - 12'. Зміна лінійного зносу

переривчастих кругів у міру сошліфовивання стали Р6М5 дало можливість оцінити витрата ельбору при різних режимах врізного шліфування (таблиця 1). Режим 1: $t = 0,5$ мм, $V_d = 0,3$ м/хв. СОЖ; Режим 2: $t = 1,0$ мм, $V_d = 0,1$ м/хв., СОЖ; Режим 3: $t = 0,03$ мм, $V_d = 6$ м/хв, СОЖ; При глибинному шліфуванні в період формування профілю на ріжучих виступах кіл з переривчастою поверхнею їх питома знос досить великий. Після підробітки профілю ріжучих виступів питома знос кіл має постійну величину і процес зносу набуває ознак стаціонарності. В інтервалі 7-хвилинного періоду шліфування стали Р6М5 на режимах 1, 2, 3 середня величина питомої зносу кіл з переривчастою робочою поверхнею відповідно дорівнює: $q_1 = 3,113$ мг/г, $q_2 = 5,600$ мг/г, $q_3 = 6,114$ мг/г. При глибинному шліфуванні суцільним колом КР 160/125 Б8 100 на різних режимах після видалення 75 г металу середня величина питомої зносу склала 4,5 мг / м. Наведені дані свідчать про те, що при глибинному шліфуванні питома знос переривчастих кіл приблизно аналогічний питомій зносу суцільних кіл, може лише незначно відрізнитися в залежності від режимів. Однак застосування переривчастих кіл для глибинного шліфування більш ефективно,

Таблиця 1. Залежність маси сошліфованого металу від витрат ельбора.

Маса сошліфованого металу в г.	Режим 1	9	18	27	36	45	54	63
	Режим 2	9	18	27	36	45		
	Режим 3	11	22	26	44	56	67	87
Витрати ельбора, мг/г	Режим 1	4,16	3,58	2,80	3,85	2,50	2,50	2,40
	Режим 2	9	5	5	5	4		
	Режим 3	8	6,80	6	6	6	5	5

так як при цьому їх питома знос значно менше, ніж при переривчастому шліфуванні на звичайних традиційних режимах з малими глибинами шліфування і великими швидкостями переміщення деталі.

Висновки. 1. Встановлено, що збільшення швидкості різання V_{kr} приводить до розширення інтервалу допустимих значень відносини ширини западини до довжини виступу, при яких в іншій системі плоскошліфувального верстата не виникає параметричний резонанс і зрушує галузі сталого шліфування в напрямку зменшення числа прорізів на абразивному крузі. 2. Встановлено, що коливання при переривчастому шліфуванні, викликані параметричним резонансом, можуть бути частково знижені або усунуті повністю шляхом збільшення жорсткості пружної системи верстата, застосуванням переривчастих кругів певної геометрії, підвищенням окружної швидкості круга. 3. Встановлено, що для підвищення розмірної стійкості абразивного інструменту необхідно підвищити окружну швидкість до 40 м / с і передбачити в верстатах можливість збереження сталості окружної швидкості круга в міру його зносу. 4. На основі проведених експериментів по визначенню питомої зносу ельборових переривчастих кругів обґрунтовано доцільність їх використання при глибинному шліфуванні.

ЛИТЕРАТУРА

1. Олексієв, Н.С. Знос шліфувальних кіл при обробці мікроточних покриттів /Н.С. Олексієв// Звістки вузів. Машинобудування. – 2004. – №2. – С.57 – 61.
- 2.Беляков, В.Н. Оцінка працездатності абразивного інструмента /В.Н. Беляков, Ю.В. Дубровський, І.В. Швецов, О.В. Нікуленков //Інструмент и технології. – 2005. – №21-22. – С.28 –31.
- 3.Воронцова, А.Н. Дослідження впливу величини діючої сили на знос шліфувального кола при шліфуванні з постійною силою /А.Н. Воронцова, В.В. Воронцов //Звістки ВолгГТУ. – 2004. --№9. –С.12 –15.
4. Пажицький, Е. Дослідження радіального зносу кола у процесі продольного шліфування зовнішніх циліндричних поверхонь/Е. Пажицький// Труди Міжнарод. Інтернет-конф. «Технологічні комплекси, обладнання підприємств будівельних матеріалів та стройіндустрії». – Мінськ, 2003.
- 5.Гуцаленко, Ю.Г. Забезпечення стійкості алмазного шліфування /Ю.Г. Гуцалеко//Вісн. Харків. нац.техн. ун-ту сільськ. госп-ва ім. Петра Василенка: Зб. наук. пр. – Харків: ХНТУСТ, 2006. – Вип. 42. – С.246 –252.
- 6.Гуцаленко, Ю.Г. Стійкість кола в робочих процесах раціонального стабільного шліфування//Вісн. нац. техн. ун-ту «Харк. політехн. ін.-т» –2005. –№23. – С.50–63.
- 7.Філін, А.Н. Вплив зносу шліфувальних кіл на точність форми профілей./А.Н. Філін//Хімічне та нафтяне машинобудування. – 1981. --№11. – С. 27 – 28.
8. Філін, А.Н. Підвищення точності профіля фасонних поверхонь при врізном шліфуванні за рахунок стабілізації радіального зносу інструменту: Автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.02.08/Москов. станкобудівний ін-ут. – Москва, 1987. – 33с.
- 9.Якімов, О.О. Технологічне забезпечення якості поверхневого шару зубів високоточних зубчастих коліс при шліфуванні: Автореф. Дис.... докт. техн. наук: 05.02.08/ Одес. нац. політехн. ун-т. – Одеса, 2015. – 50с.
10. Гунько, Н.І. Дослідження впливу жорсткості плоскошліфувального станку на знос абразивних кіл при преривчастому шліфуванні /Н.И. Гунько//Числові методи обробки: сб. науч. трудов. – Пермь: Пермський політехн. ін-ут, 1971. – Вип. 97. – С 3 – 8.
- 11.Якімов, О.В. Глибоке шліфування деталей колами з кубоніта з преривчастою робочою поверхньою/О.В. Якімов, А.К. Рахмані, О.О. Якімов//Алмази і надтверді матеріали: научно-техніч. реферативний збірник. – М.: ВНИИ алмаз, 1983. – Вип. 3. – С.8 -11.
- 12.Клименко, Н.Н. Підвищення експлуатаційних характеристик деталей створенням зносостійкого поверхнього слою з плакированного карбіда титану: дис. ... канд. техн. наук.: 05.02.08/Клименко Наталія Ніколаївна. – Одеса, 2003. – С.233.

К ВОПРОСУ ОБ ИЗНОСЕ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ С ПРЕРЫВИСТОЙ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

А.А. Якимов,Н.Н.Клименко,Ю.В.Шихирева, С.Ю. Дмитриева, С.М. Уминский

Ключевые слова: размерный износ, удельный износ, прерывистое шлифование, устойчивое шлифование, глубинное шлифование, режущие выступы.

Резюме

Установлено, что колебания при прерывистом шлифовании, вызванные параметрическим резонансом, могут быть частично снижены или устранены

полностью путем увеличения жесткости упругой системы станка, применением прерывистых кругов определенной геометрии, повышением окружной скорости круга. На основе проведенных экспериментов по определению удельного износа эльборовых прерывистых кругов обоснована целесообразность их использования при глубинном шлифовании.

TO THE QUESTION OF WEAR GRINDING WHEELS WITH DISCONTINUOUS WORKING SURFACE

A.A. Yakimov, N.N. Klimenko, Y.V. Shikhireva, S.Y. Dmitrieva, S.M. Uminskij

Key words: dimension wear, specific wear, intermittent grinding, steady grinding, creep feed grinding, cutting projections.

Summary

It is found that fluctuations in the discontinuous grinding caused by parametric resonance may partly be reduced or eliminated entirely by increasing the rigidity of the elastic system of the machine, using a discontinuous circles with defined geometry, wheel peripheral speed increase. On the basis of experiments to determine the specific wear elbor discontinuous circles the expediency of their use in creep feed grinding.

Аграрний вісник Причорномор'я: зб. наук. праць / ОДАУ. - Одеса, 2016. – Вип. 80:
Технічні науки. - С. 13-24.