

ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАДАНОЇ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ ПРИ АБРАЗИВНІЙ ОБРОБЦІ

Дитиненко С.О., канд. техн. наук

(Харківський національний економічний університет)

В роботі теоретично обґрунтована і експериментально підтверджена можливість істотного зменшення шорсткості поверхні при круглому зовнішньому шліфуванні за рахунок застосування штучно створених на вершинах зерен алмазного круга на металевій зв'язці значних площадок

Вступ та постановка задачі. Фінішна обробка деталей із матеріалів з підвищеними фізико-механічними властивостями, як правило, характеризується високою трудомісткістю, тому що включає операції шліфування абразивними кругами й притирання абразивним порошком або алмазною пастою. В особливій мірі це відноситься до обробки виробів із твердих сплавів, наприклад, вставок, різальних інструментів і т.д. [1, 2]. Найважливішою умовою зниження трудомісткості фінішної обробки варто розглядати забезпечення заданих параметрів точності та якості обробки на операціях шліфування, виключаючи таким чином з технологічного процесу операції притирання. Разом з тим, у науково-технічній літературі фактично відсутні ефективні рішення, що дозволяють на операціях шліфування виробів із твердих сплавів стабільно забезпечити шорсткість поверхні на рівні $R_a=0,1$ мкм і менше [3]. У зв'язку з цим у роботі вирішується важлива й актуальна задача створення і впровадження ефективного технологічного процесу фінішної обробки циліндричних поверхонь твёрдосплавних виробів із застосуванням алмазних кругів.

Ціль роботи – визначення умов забезпечення заданої шорсткості поверхні при абразивній обробці.

Матеріали та результати досліджень. Для рішення поставленої в роботі задачі виконано розрахунок параметра шорсткості поверхні R_{max} при круглому зовнішньому шліфуванні з урахуванням (рівняння (1)) і без урахування (рівняння (2)) утворення площадок зносу на вершинах зерен круга [4, 5]:

$$\left[\left(R_{max} + \frac{3 \cdot x}{4} \right)^2 - \frac{x^2}{16} \right] \cdot \sqrt{R_{max}} = \frac{100 \cdot \pi \cdot \bar{X}^3 \cdot V_{dem}}{6 \cdot tg\gamma \cdot m \cdot V_{кр}} \cdot \sqrt{\frac{1}{D_{кр}} + \frac{1}{D_{dem}}}, \quad (1)$$

$$R_{max}^{1,5} \cdot (R_{max} + x) = \frac{100 \cdot \pi \cdot \bar{X}^3 \cdot V_{dem}}{6 \cdot tg\gamma \cdot m \cdot V_{кр}} \cdot \sqrt{\frac{1}{D_{кр}} + \frac{1}{D_{dem}}}, \quad (2)$$

де \bar{X} - зернистість круга, м; m - об'ємна концентрація зерен круга; γ - половина кута при вершині зерна, робоча частина якого представлена у формі усіченого конуса; x - умовна величина лінійного зносу зерна, м; V_{dem} - швидкість

обертання деталі, м/с; $D_{кр}$, $D_{дет}$ - відповідно діаметри круга і деталі, м.

Рівняння (1) отримано з урахуванням, а рівняння (2) – без урахування утворення площадок зносу на вершинах зерен алмазного круга.

При умові $x=0$ рівняння (1) і (2) приймають вигляд залежності:

$$R_{max} = \bar{R}_{max} = \left(\frac{100 \cdot \pi \cdot \bar{X}^3 \cdot V_{дет}}{6 \cdot \text{tg} \gamma \cdot m \cdot V_{кр}} \cdot \sqrt{\frac{1}{D_{кр}} + \frac{1}{D_{дет}}} \right)^{0,4} \quad (3)$$

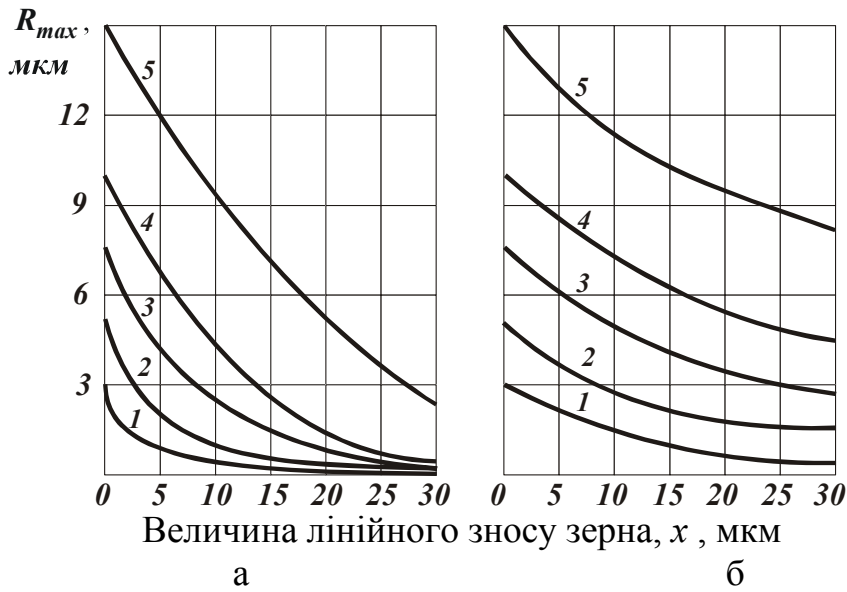


Рис. 1. Залежності параметра шорсткості R_{max} від величини лінійного зносу зерна x , отримані на основі: а – рівняння (1); б – рівняння (2); 1 - $\bar{R}_{max} = 3$ мкм; 2 - $\bar{R}_{max} = 5$ мкм; 3 - $\bar{R}_{max} = 7,5$ мкм; 4 - $\bar{R}_{max} = 10$ мкм; 5 - $\bar{R}_{max} = 15$ мкм.

Установлено, що з усіх параметрів, які входять у рівняння (1) і (2), найбільший вплив на R_{max} має величина x , особливо у випадку утворення на зернах площадок зносу (рівняння (1), рис. 1,а), тобто при різанні плосковершинними зернами.

Зі збільшенням величини x можна істотно зменшити параметр R_{max} .

Виконані експериментальні дослідження підтвердили

теоретичні результати. Установлено, що при шліфуванні алмазним кругом на металевій зв'язці 1А1 300х20х5 АС6 125/100 М1-10 4 із плосковершинними зернами параметр шорсткості R_a ($R_a \approx 0,2 \cdot R_{max}$) зменшився з 2,2 до 0,1 мкм, (крива 2, рис. 2). При цьому зміна режимів шліфування, а також обробка кругом, який працював уже деякий час після електроерозійної правки (крива 1, рис. 2), не привели до істотного зменшення шорсткості обробки.

Для створення плосковершинних зерен застосовувалися способи шліфування алмазним кругом полікристалічного синтетичного надтвердого матеріалу і алмазного правлячого олівця.

Експериментально встановлено, що при шліфуванні алмазним кругом на металевій зв'язці з плосковершинними зернами з часом спостерігається деяке збільшення параметра шорсткості R_a (крива 2, рис. 2) внаслідок підключення в різання нових більш гострих зерен. Особливо це виявляється при шліфуванні алмазним кругом на металевій зв'язці М1 – 01. Застосування більш

зносоустійкого алмазного круга на металевій зв'язці М1–10 дозволило усунути даний недолік – шорсткість обробки практично стабілізувалася в часі на рівні $R_a = 0,1-0,2$ мкм при зміні глибини шліфування в межах $0,01 - 0,025$ мм.

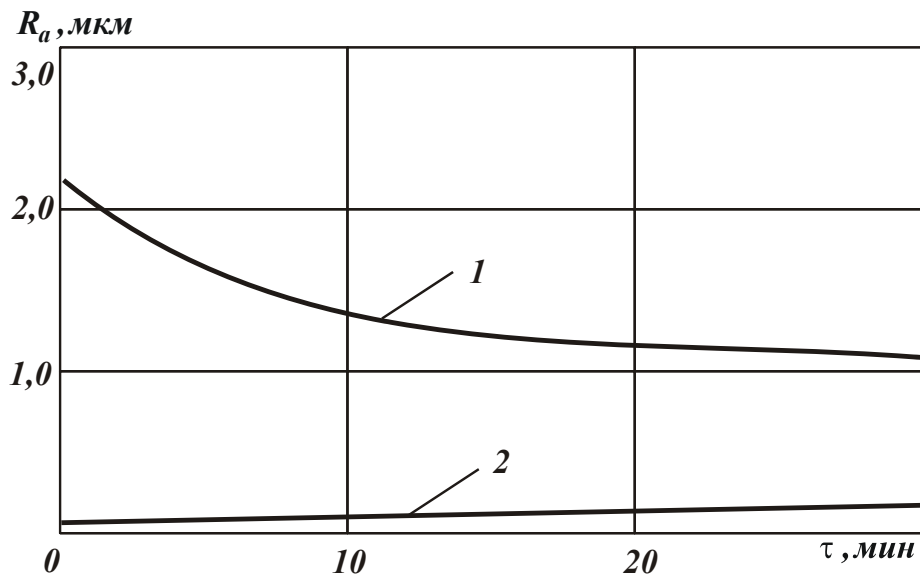


Рис. 2. Залежність параметра шорсткості обробки R_a від часу шліфування τ : 1 – після електроерозійної правки круга; 2 – після створення площадок на вершинах зерен круга.

Зроблено оцінку вірогідності розрахунку шорсткості циліндричних поверхонь при шліфуванні алмазним кругом з гостровершинними і плосковершинними зернами. Для цього спочатку була отримана спрощена аналітична залежність (3) для визначення параметра R_{max} , що враховує умовне одновисотне виступання зерен, потім - уточнені залежності, що враховують різновисотне виступання зерен над рівнем зв'язки та ймовірносний характер участі зерен у різанні. Установлено, що у всіх трьох випадках приходимо до однієї і тієї ж залежності (3), відмінність полягає лише в числових коефіцієнтах. Так, розраховане по залежності (3) значення $R_a = 0,2 \cdot R_{max}$ для вихідних даних: $tg\gamma = 1$; $m = 100$; $\bar{X} = 0,1 \cdot 10^{-3}$ м; $V_{дет} = 15$ м/хв; $D_{кр} = 0,3$ м; $D_{дет} = 0,014$ м дорівнює $R_a = 0,86$ мкм, розраховане з урахуванням різновисотного виступання зерен над рівнем зв'язки дорівнює $R_a = 1,5$ мкм і розраховане з урахуванням ймовірносної участі зерен у різанні дорівнює $R_a = 2,43$ мкм. Як видно, розрахунок по уточнених залежностях веде до збільшення значень R_a . У порівнянні з експериментальним значенням $R_a = 1,9$ мкм (отриманим після електроерозійної правки алмазного круга), урахування різновисотного виступання зерен над рівнем зв'язки дає занижене (у межах 20%), а урахування ймовірносного характеру участі зерен у різанні дає завищене (у межах 27%) значення R_a (стосовно експериментальним даних отриманим при шліфуванні алмазним кругом після його електроерозійної правки). Установлена також розбіжність у межах 10 % розрахункових і експериментальних значень шорсткості при шліфуванні алмазним кругом із плосковершинними зернами.

Дані результати дозволили кількісно оцінити вплив зазначених вище трьох факторів на умови формування шорсткості циліндричних поверхонь при шліфуванні і наблизити розрахункову схему до реальної.

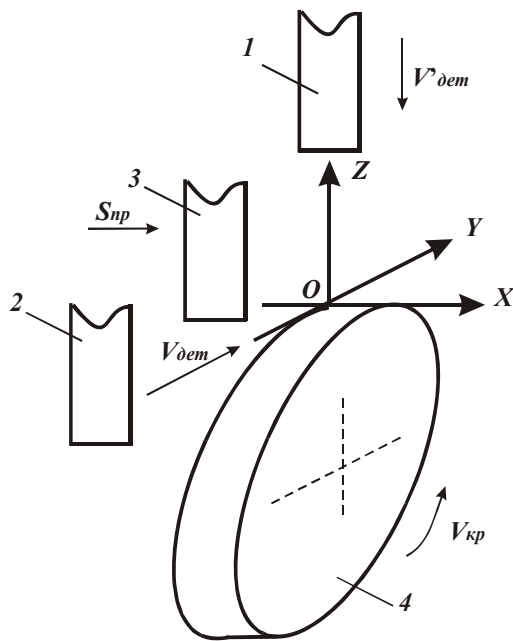


Рис. 3. Три принципові схеми формування шорсткості поверхні при шліфуванні: 1, 2, 3 – оброблюваного зразка в радіальному, тангенціальному і поздовжньому напрямках, 4 – шліфувальний круг.

В роботі проведено класифікацію кінематичних схем шліфування периферією круга по ознаці часу формування сталої шорсткості поверхні. Теоретично доказано існування трьох принципових схем, обумовлених кінематикою руху оброблюваної поверхні стосовно робочої поверхні круга (у радіальному, тангенціальному і поздовжньому, з боку торцевої поверхні круга, напрямках), які істотно відрізняються часом формування сталої шорсткості поверхні, рис. 3.

Установлено, що найбільшим часом формування шорсткості поверхні при шліфуванні характеризується третя схема, а найменшим – перша. Тому найменша шорсткість поверхні досягається при шліфуванні по третій схемі, а найбільша – при шліфуванні по першій. Друга схема, що включає плоске, кругле зовнішнє і внутрішнє шліфування, займає проміжне положення.

Таблиця

Порівняння варіантів технологічного процесу фінішної обробки циліндричної поверхні спеціальної твердосплавної розвертки (діаметр – 20 мм, довжина – 30 мм, припуск що знімається – 1 мм)

№ варіант у	Операція круглого зовнішнього поздовжнього шліфування	Операція притирання алмазною пастою	Час обробки, хв.
1	Алмазний круг 1А1 300х20х5 АС6 125/100 М1–10 4 із плосковершинними зернами; $R_a = 0,1$ мкм; $\tau = 2$ хв.	Немає	2
2	Алмазний круг 1А1 300х20х5 АС6 125/100 М1–10 4 після електроерозійної правки; $R_a = 1,0$ мкм; $\tau = 1$ хв.	Припуск – 0,02 мм; $R_a = 0,1$ мкм; $\tau = 4$ хв.	5
3	Алмазний круг 1А1 300х20х5 АС4 100/80 В2–01 4; $R_a = 0,4$ мкм; $\tau = 3$ хв.	Припуск – 0,02 мм; $R_a = 0,1$ мкм; $\tau = 4$ хв.	7

На основі одержаних результатів обґрунтовано вибір оптимального варіанта технологічного процесу фінішної обробки циліндричних поверхонь твердосплавних виробів. Для цього виконано порівняння трьох варіантів технологічного процесу фінішної обробки циліндричної поверхні спеціального твердосплавного інструменту (двох запропонованих і базового варіанту, приведених у таблиці). Встановлено, що у другому випадку продуктивність обробки в 2 рази, а шорсткість обробки в 10 разів менше, ніж у першому випадку при заданій точності обробки. Потужність шліфування при цьому збільшилася усього в 2 рази. Це дозволяє ефективно об'єднати попереднє й остаточне шліфування в одну операцію з забезпеченням високих показників шорсткості, точності і продуктивності обробки, що не вимагає застосування наступної трудомісткої операції притирання.

Таким чином встановлено, що за критерієм найбільшої продуктивності обробки ефективно застосування першого варіанту. Вилучення з технологічного процесу операції притирання дозволяє також істотно знизити технологічну собівартість обробки. Для реалізації даних умов шліфування розроблена спеціальна технологія підготовки алмазного круга до роботи, що включає балансування круга, його електроерозійну правку для остаточного усунення биття (у межах 10 мкм) і якісного розкриття алмазозносного шару, а потім утворення на вершинах зерен площадок. Розроблений технологічний процес фінішної обробки циліндричних поверхонь твердосплавних виробів впроваджений на Харківському машинобудівному заводі "ФЕД".

Висновки. Теоретично та експериментально встановлено, що основною умовою істотного зменшення шорсткості циліндричних поверхонь твердосплавних виробів при круглому зовнішньому алмазному шліфуванні є забезпечення утворення на ріжучих зернах значних площадок шляхом попереднього шліфування алмазним кругом (після його електроерозійної правки) полікристалічного надтвердого матеріалу або алмазного правлячого олівця. Експериментально встановлено, що при цьому параметр шорсткості R_a зменшується з 2,0 до 0,1–0,2 мкм. Це відкриває нові технологічні можливості фінішної алмазної обробки циліндричних поверхонь виробів із важкооброблюваних матеріалів.

На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень створено ефективний технологічний процес фінішної обробки циліндричних поверхонь твердосплавних виробів, який забезпечує підвищення продуктивності і зниження технологічної собівартості при виконанні високих вимог по якості оброблюваних поверхонь (параметр шорсткості $R_a = 0,1$ мкм) на операції круглого зовнішнього поздовжнього шліфування алмазним кругом на металевій зв'язці.

Список літератури

1. Основы алмазного шлифования / М.Ф. Семко, А.И. Грабченко, А.Ф. Раб и др. – К.: Техніка, 1978. – 192 с.
2. Синтетические алмазы в машиностроении / Под ред. В.Н. Бакуля. – К.: Наук. думка, 1976. – 351 с.
3. Новоселов Ю.К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке. – Изд-во Саратов. ун-та, 1979. – 232 с.
4. Новиков Ф.В., Дитиненко С.А. Технология и теория прецизионной обработки твердосплавных инструментов алмазными кругами на металлических связках // Труды 8-й Межд. научн.-техн. конф. Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2003. – С. 34-39.
5. Дитиненко С.А. Кинематические схемы формирования шероховатости поверхности при шлифовании // Високі технології в машинобудуванні. Збірка наукових праць НТУ “ХПІ”. - Харків: НТУ “ХПІ”, 2003. – Вип. 1(8). – С. 34-42.