

УДК 621.795.2

К.т.н., доцент А.В. Васильєв, А.М. Шпилька

**Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка**

ПРОГНОЗУВАННЯ ШОРСТКОСТІ ЧАВУННОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ПЛОСКОМУ ШЛІФУВАННІ АЛМАЗНИМ КРУГОМ

Наведено математичну модель прогнозування шорсткості поверхні чавуну марки СЧ15 в залежності від зміни параметрів різання при плоскому шліфуванні алмазним кругом.

Постановка проблеми. Надійність роботи машин і механізмів значною мірою визначається експлуатаційними властивостями деталей і з'єднань: зносостійкістю, коефіцієнтом тертя, межею витривалості, корозійною стійкістю і деякими іншими. У той же час, експлуатаційні властивості задаються станом поверхневого шару деталей, що формується на стадії механічної обробки. Для надійної роботи деталі велике значення має шорсткість обробленої поверхні, що характеризується величиною її мікронерівностей. Під час механічної обробки формування мікрогеометрії поверхні та якості поверхневого шару є складним фізичним процесом з активною хімічною взаємодією всіх матеріалів, що знаходяться в зоні обробки.

Аналіз останніх досліджень і виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми. Огляд літератури із даного питання показав, що у більшості випадків призначення режимів різання при шліфуванні ведеться на основі емпіричного досвіду [1, 2]. Наведені лише табличні дані чи рекомендації для обробки різних матеріалів різним інструментом. Функціональні залежності, які описують процес різання при шліфуванні та наперед передбачають отриману шорсткість поверхні, практично відсутні. Особливо мало це питання розкрито в сфері обробки сталевих та чавунних деталей.

Формулювання цілей статті. Метою даної статті є представлення результату дослідження впливу параметрів шліфування на шорсткість плоскої чавунної поверхні.

Виклад основного матеріалу. Хімічний склад оброблюваного матеріалу значною мірою впливає на якість шліфування через ступінь окислення стружки та поверхні деталі. Підвищення вмісту вуглецю знижує стійкість сплавів до окислення і цим сприяє процесу утворення стружки та полегшує її видалення з поверхні круга. Тому чавуни та вуглецеві сталі краще шліфуються, ніж леговані конструкційні та інструментальні. Висока міцність в поєднанні з великою в'язкістю також затрудняє шліфування. Тому сірий чавун оброблюється краще ніж відбілений чи легований [3]. Із введенням у виробництво синтетичних алмазів увага дослідників повернута до питань формування якості поверхонь, оброблених алмазним інструментом. Це особливо важливо для визначення оптимальних режимів обробки з метою зменшення собівартості [3]. Специфіка алмазної обробки пов'язана насамперед з більшою ріжучою здатністю алмазів, їх високими фізико-механічними властивостями (наприклад, твердість алмаза $H_{\mu} = 100000 \text{ Мн/м}^2$, а карбїду кремнію $H_{\mu} = 30000 \text{ Мн/м}^2$), більш розвинутою топографією поверхні (набагато більше число ріжучих кромок з широким діапазоном кутів загострення) [3].

Плоске шліфування виконується на верстатах, що працюють периферією або торцем круга. Шліфування торцем круга продуктивніше, оскільки в різанні одночасно бере участь більше число ріжучих зерен. Проте великий контакт круга з деталлю при шліфуванні торцем викликає інтенсивне виділення теплоти в процесі шліфування, що нерідко приводить до деформацій, припалів та тріщин на оброблюваних поверхнях. При шліфуванні периферією круга поверхня контакту і число одночасно ріжучих зерен значно зменшуються, тому знижуються продуктивність, кількість теп-

лоти, що виділяється, і деформації. Останнє особливо важливо для отримання високої точності шліфування маложорстких і тонких деталей.

При дослідженні процесів різання для шліфування твердих сплавів [4] запропонована математична модель прогнозування шорсткості поверхні при плоскій обробці сплаву ВК8 алмазним кругом:

$$R_a = C \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^z \cdot F^m \sum_{i=1}^q K_i \quad (1)$$

де C – коефіцієнт, що залежить від виду зв'язки алмазного круга;

t – глибина шліфування, мм;

s – поздовжня подача деталі, м/хв;

V – швидкість обертання круга, м/с;

F – площа обробки, мм²;

K_{Ri} – поправочний коефіцієнт на інші умови шліфування;

q – число врахованих поправочних коефіцієнтів.

x, y, z, m – емпіричні коефіцієнти, які враховують властивості оброблюваного матеріалу, визначені лише для обробки твердих сплавів. Наведені [4, с 134] значення коефіцієнтів для обробки ВК8 алмазним кругом на зв'язці М5: $x = 0,5$; $y = 0,4$; $z = -0,8$; $m = -0,22$.

Взявши за основу (1), створимо модель, яка буде враховувати хімічні та фізичні властивості чавуну на прикладі найбільш поширеної в промисловості марки СЧ15 і прогнозуватиме шорсткість плоских поверхонь деталей з даного матеріалу.

Для шліфування чавуну доцільно застосовувати алмазні круги на металічних зв'язках, які в порівнянні з кругами із карбїду кремнію забезпечують підвищення стійкості круга в 10-12 разів, збільшення фактичного зйому металу в 1,5-2 рази і зниження середньоконтактної температури шліфування в 1,5 рази [3]. Величина питомої витрати алмазу для кругів на зв'язці М5 не перевищує 1,0 мг/г, залишкові напруги в поверхневому шарі металу знижуються в 3-4 рази. Шорсткість поверхні при обробці алмазни-

ми кругами на металічних зв'язках на один клас вище у порівнянні з шліфуванням карборундовим та корундовим інструментом (при умові однакової зернистості порівнюваних кругів). Отже, в подальшому будемо використовувати круг на металічній зв'язці М5.

Для створення моделі прогнозування шорсткості чавуна необхідно експериментально визначити нові емпіричні коефіцієнти.

При проведенні експерименту використовувалися різні співвідношення параметрів різання t (в діапазоні 0,01-0,05 мм), S (1-5 м/хв.), V (15-35 м/с), F (50-170 мм²) і отримані, відповідно, різні величини шорсткості R_a . Це дозволяє на основі виразу (1) скласти систему рівнянь:

$$\begin{cases} R_{a1} = C \cdot t_1^x \cdot S_1^y \cdot V_1^z \cdot F_1^m \sum_{i=1}^q K_{Ri} \\ R_{a2} = C \cdot t_2^x \cdot S_2^y \cdot V_2^z \cdot F_2^m \sum_{i=1}^q K_{Ri} \\ R_{a3} = C \cdot t_3^x \cdot S_3^y \cdot V_3^z \cdot F_3^m \sum_{i=1}^q K_{Ri} \\ R_{a4} = C \cdot t_4^x \cdot S_4^y \cdot V_4^z \cdot F_4^m \sum_{i=1}^q K_{Ri} \end{cases} \quad (2)$$

Прологарифмувавши складові рівняння та перенісши в один бік усі вільні від невідомих члени рівняння, отримаємо:

$$\begin{cases} \lg R_{a1} - \lg C - \lg \sum_{i=1}^q K_{Ri} = x \lg t_1 + y \lg S_1 + z \lg V_1 + m \lg F_1 \\ \lg R_{a2} - \lg C - \lg \sum_{i=1}^q K_{Ri} = x \lg t_2 + y \lg S_2 + z \lg V_2 + m \lg F_2 \\ \lg R_{a3} - \lg C - \lg \sum_{i=1}^q K_{Ri} = x \lg t_3 + y \lg S_3 + z \lg V_3 + m \lg F_3 \\ \lg R_{a4} - \lg C - \lg \sum_{i=1}^q K_{Ri} = x \lg t_4 + y \lg S_4 + z \lg V_4 + m \lg F_4 \end{cases} \quad (3)$$

Розв'язок отриманої системи методом Крамера надзвичайно об'ємний та трудомісткий, тому розрахунки проводились методом Гауса. В результаті були виведені залежності емпіричних коефіцієнтів від режимів

шліфування та отриманих при їх використанні значень шорсткості. В загальному вигляді:

$$x = f_1(R_a, S, t, V, F) \quad (4)$$

$$y = f_2(R_a, S, t, V, F) \quad (5)$$

$$z = f_3(R_a, S, t, V, F) \quad (6)$$

$$m = f_4(R_a, S, t, V, F) \quad (7)$$

В кінцеві рівняння було підставлено значення t , S , V , F та R_a , що дозволило розрахувати нові емпіричні коефіцієнти: $x = 0,6$; $y = 0,81$; $z = -0,61$; $m = -0,28$. Таким чином, розроблена математична модель для прогнозування шорсткості поверхні при плоскій обробці деталі з СЧ15 алмазним кругом на зв'язці М5:

$$R_a = C \cdot t^{0,6} \cdot S^{0,81} \cdot V^{-0,61} \cdot F^{-0,28} \sum_{i=1}^q K_i \quad (8)$$

В результаті підстановки значень параметрів режимів різання, отримані графічні залежності їх впливу на шорсткість обробленої поверхні, які зображені на рисунках 1 та 2.

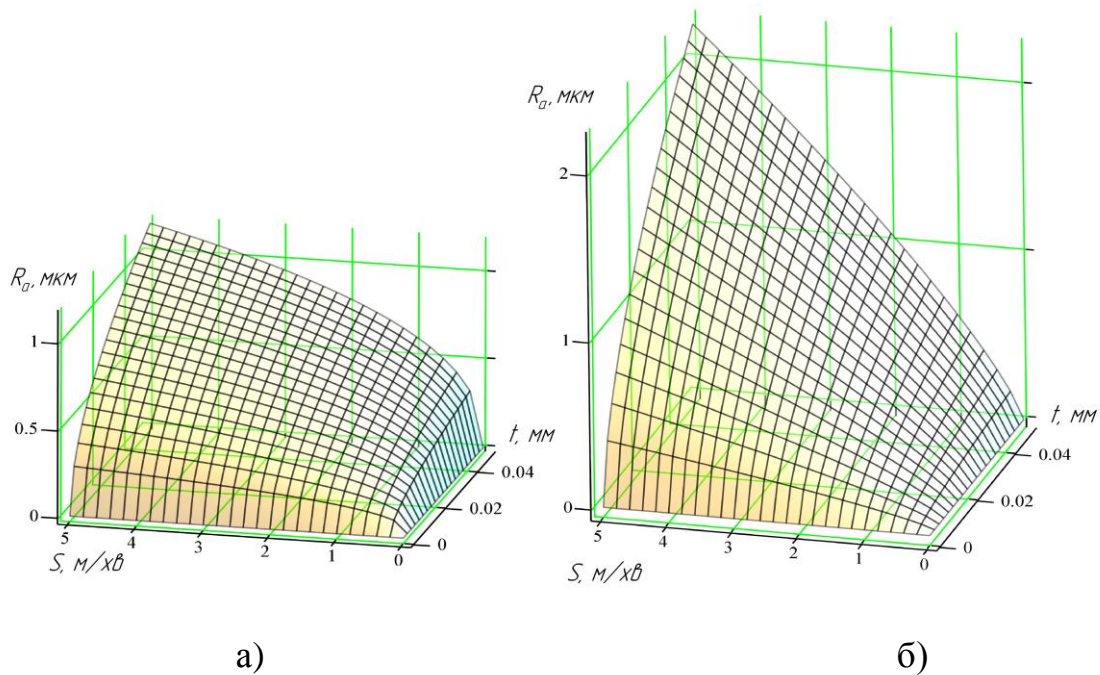


Рисунок 1 – Залежність шорсткості шліфованої поверхні сплаву ВК8 (а) та СЧ15 (б) від глибини різання t та подачі S .

При аналізі отриманих залежностей видно, що сімейство гіпербол, які утворюють поверхню графіка $R_a = f(t)$ для СЧ15 (рисунок 1-б) більш близькі до прямих, ніж сімейство гіпербол відповідного графіка для ВК8 (рисунок 1-а). Це означає, що при збільшенні значень параметрів режимів шліфування різниця шорсткості поверхонь розглянутих матеріалів буде зростати. При максимальних режимах використаного діапазону шорсткість СЧ15 буде в півтора рази вищою за шорсткість ВК8. Теоретично це обґрунтовується тим, що твердість СЧ15 нижча, ніж у твердого сплаву, що дозволяє алмазним зернам краще врізатися в матеріал та залишати глибші подряпини.

Розглянувши окремо кожен параметр шліфування бачимо, що зі збільшенням значень t та S шорсткість поверхні буде зростати, тобто маємо прямо-пропорційну залежність (рисунок 1). Для параметрів V та F залежність обернено-пропорційна (рисунок 2).

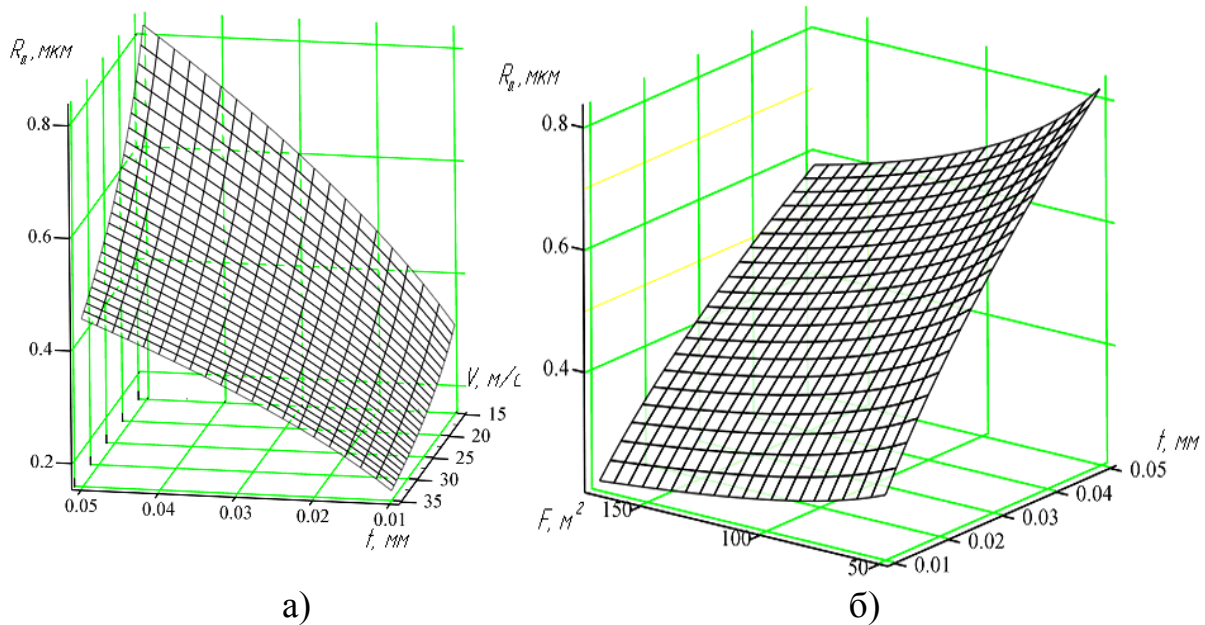


Рисунок 2 – Вплив зміни швидкості круга V (а) та площі контакту F (б) на залежність значення R_a від глибини різання t для СЧ15.

Висновки. Таким чином, створено математичну модель прогнозування шорсткості чавунної поверхні при пласкому шліфуванні, представлену у вигляді функціональної залежності величини шорсткості від режимів обробки та емпіричних коефіцієнтів. Отримані при розв'язку системи рівнянь (3) залежності дозволяють шляхом повторного експерименту та нових замірів шорсткості при кількох комбінаціях режимів шліфування перерахувати коефіцієнти для будь-якого матеріалу, що робить дану модель універсальною.

Література

- 1. Шульман П.А. Качество поверхности, обработанной алмазами – К.: Техника, 1972. –147 с.*
- 2. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К. Справочник технолога машиностроителя. Том 2. – М.: Машиностроение, 1985. – с. 300-303.*
- 3. Маслов Е.Н. Теория шлифования материалов – М.: Машиностроение, 1974. – 318 с.*
- 4. Резников А.Н. Абразивная и алмазная обработка металлов – М.: Машиностроение, 1977, 385 с.*