

М.С. Степанов, д.т.н., проф.¹,

Л.П. Іванова, асп.¹,

П.І. Літовченко, доц.²,

Навчально-науковий інститут «Механічна інженерія і транспорт»

Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут»¹

Національної академії Національної гвардії України²

ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ ШЛІФУВАННЯ З ДОДАТКОВИМИ ПРОМІЖНИМИ ПРАВКАМИ ШЛІФУВАЛЬНОГО КРУГА

Найбільш актуальною проблемою при обробці заготовок шліфуванням є підтримання максимальної ріжучої здатності інструмента протягом максимального періоду часу шляхом застосування ефективних методів правки шліфувальних кругів. Витрата шліфувальних кругів на правку складає 90–95% від загальної їх витрати, а витрати коштів на правку досягають 40–70% від собівартості всієї шліфувальної операції.

У роботі ставилась мета створення технологічних засобів зниження інтенсивності тепловиділення у зоні різання при шліфуванні шляхом удосконалення технології правки шліфувального круга.

Аналіз літератури показав, що найбільш поширеною є схема правки А, відповідно до якої обробку здійснюють практично до повної втрати ріжучої здатності шліфувального круга, при цьому сила різання P_z , ефективна потужність $N_{\text{еф}}$ та кількість теплоти Q зростають до критичного значення. Критичне значення потужності $N_{\text{еф кр}}$ в момент часу $t_{\text{кр}}$ визначається за формулою

$$N_{\text{еф кр}} = P_{z \text{ кр}} \cdot V_{\text{к}}, \quad (1)$$

де $V_{\text{к}}$ – швидкість шліфувального круга; $P_{z \text{ кр}}$ – критичне значення тангенціальної складової сили різання.

Відповідно до схеми А, кількість теплоти, що еквівалентна роботі різання за період часу $t_{\text{кр}}$ визначиться за залежністю

$$Q_A = \int_0^{t_{\text{кр}}} N_{\text{еф}} \cdot t \cdot dt = V_{\text{к}} \int_0^{t_{\text{кр}}} P_z \cdot t \cdot dt \quad (2)$$

Після настання моменту $t_{\text{кр}}$ виконують правку круга, відновлюючи його вихідну ріжучу здатність.

Якщо продуктивність шліфування та витрати абразивного матеріалу не є абсолютно лімітуючими факторами, то вважається раціональним застосовувати схему В з проміжними правками для збереження ріжучої здатності круга на певному заданому рівні [3]. За рахунок правки значення параметрів процесу шліфування P_z , $N_{\text{еф}}$ та Q періодично відновлюються і набувають початкових значень.

Схема В обробки визначається, як схема з додатковими проміжними правками (ДПП). Для кожної з точок B_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), в яких переривається процес шліфування для додаткових правок, виконується співвідношення:

$$N_{\text{еф } i} = P_{z B i} \cdot V_{\text{к}}, \quad (3)$$

де n – кількість циклів обробки за схемою В, після кожного з яких виконується проміжна правка, $N_{\text{еф } i}$, $P_{z B i}$ – значення ефективної потужності для i -тої точки.

Для відновлення ріжучої здатності шліфувального круга через інтервали часу $0-t_1$, t_2-t_3 , t_4-t_{n-1} , t_n-t_{n+1} виконується додаткова правка.

Потужність, що витрачається на правку круга, розраховується за залежністю

$$N_{\text{пр}} = P_{z \text{ пр}} \cdot V_{\text{к}} + P_{\text{нер}} \cdot V_{\text{пр}}, \quad (4)$$

де $P_{z \text{ пр}}$ – тангенціальна складова сили різання при правці; $P_{\text{нер}}$ – сила опору переміщенню елементів технологічної системи при правці; $V_{\text{пр}}$ – швидкість переміщення інструмента, що править круг.

За рахунок відновлення ріжучої здатності круга в результаті правки складова сили різання при шліфування зменшується на величину $\Delta P_{z \text{ пр}}$

$$\Delta P_z = P_{z \text{ кр}}(A) - P_{z \text{ кр}}(B), \quad (5)$$

Теплота, еквівалентна роботі різання при обробці за схемою В, визначиться на кожній ділянці циклу обробки залежністю:

$$Q_{B i} = \int_{t_{i-1}}^{t_i} N_{\text{еф } i} \cdot t \cdot dt = V_{\text{к}} \int_{t_{i-1}}^{t_i} P_{z B i} \cdot t \cdot dt \quad (6)$$

Теплота, еквівалентна роботі правки круга при обробці за схемою В, визначиться на кожній ділянці циклу обробки залежністю:

$$Q_{\text{пр } B i} = \int_{t_{i-1}}^{t_i} N_{\text{еф пр}} \cdot t \cdot dt = \int_{t_{i-1}}^{t_i} (P_{z \text{ пр}} \cdot t \cdot V_{\text{к}} + P_{\text{нер}}(t) \cdot V_{\text{пр}}) \cdot dt \quad (7)$$

Повна теплота, еквівалентна роботі різання за повний цикл обробки за схемою В:

$$Q_{B\Sigma} = \sum_{i=1}^n (Q_{Bi} + Q_{npBi}) = \sum_{i=1}^n \left(V_k \int_{t_{i-1}}^{t_i} P_{zBi} \cdot dt + \int_{t_{i-1}}^{t_i} (P_{znp} \cdot t \cdot V_k + P_{nep}(t) \cdot V_{np}) \cdot dt \right) \quad (8)$$

Застосування схеми В є доцільним при виконанні умови

$$Q_A > Q_B, \quad (9)$$

тобто умовою застосування ДПП є обов'язкове зниження теплоти, що виділяється при різанні.

За результатами дослідження запропоновано використовувати схему шліфування з додатковими проміжними правками (ДПП). Побудовано математичну модель теплових процесів при круглому шліфуванні з ДПП та визначено залежності для розрахунку основних параметрів, що характеризують теплові процеси під час правки шліфувального круга, в тому числі, критичної сили різання при шліфуванні до повної втрати шліфувальним кругом різальної здатності. Крім того, запропоновані залежності для визначення часу шліфування між суміжними проміжними правками та кількості правок при обробці з ДПП; теплоти, що еквівалентна роботі, яка витрачається на різання до повної втрати кругом ріжучої здатності; теплоти, що еквівалентна роботі, яка витрачається на різання між двома суміжними додатковими правками при обробці з ДПП. Математична модель шліфування з ДПП реалізовано у вигляді алгоритму і окремого функціонального модуля програми Heat розрахунку теплових параметрів при круглому шліфуванні. Отримано результати розрахунково-аналітичних досліджень шліфування за схемою правки після повної втрати ріжучої здатності круга та шліфування з ДПП. На основі вказаних досліджень встановлено, що застосування ДПП дозволяє зменшити кількість теплоти, що виділяються при круглому шліфуванні на 25–75% в залежності від кількості правок за час обробки деталі.