

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ПРИ ФІНІШНІЙ АБРАЗИВНІЙ ОБРОБЦІ

Точність обробки є найважливішим показником при виготовленні деталей машин. Тому визначенню умов механічної обробки, що забезпечують задану точність, приділено значну увагу. Особливу увагу приділено питанням, пов'язаним з управлінням пружними переміщеннями в технологічній системі, що виникають в процесі шліфування, тобто на фінішних операціях обробки деталей машин. Однак до теперішнього часу недостатньо досліджені закономірності формування параметрів точності обробки в зв'язку з виникненням пружних переміщень у технологічній системі. Тому вирішення завдання з визначення оптимальних умов шліфування, що забезпечують максимально можливу продуктивність для заданої точності обробки, має велике теоретичне й практичне значення, дозволяє науково обґрунтовано підійти до виготовлення високоточних деталей з меншими значеннями трудомісткості та енергоємності обробки.

В даній роботі проведено теоретичний аналіз шляхів підвищення продуктивності обробки на технологічній операції круглого зовнішнього поздовжнього багатопрохідного шліфування циліндричної деталі діаметром $D_{\text{дет}}$ і довжиною $l_{\text{дет}}$ з урахуванням обмеження за точністю обробки (точністю розміру), що обумовлена пружними деформаціями елементів технологічної системи. У загальному вигляді фактична продуктивність обробки $Q_{\text{ф}}$ визначається залежностями:

$$Q_{\text{ф}} = \frac{v}{\tau} = Q_{\text{ном}} \cdot \left(1 - \frac{\delta}{\Pi}\right), \quad (1)$$

де $v = \pi \cdot D_{\text{дет}} \cdot l_{\text{дет}} \cdot (\Pi - \delta)$ – об'єм матеріалу, що знімається за час τ з циліндричної деталі під час шліфування, м³; Π – величина припуску, що знімається, м; δ – величина пружного переміщення, що визначає точність розміру оброблюваної деталі, м; $\tau = n \cdot \tau_0$ – час шліфування, с; $n = \Pi / t$ – кількість поздовжніх ходів круга; t – глибина шліфування, м; $\tau_0 = l_{\text{дет}} / S_{\text{позд}}$ – час одного поздовжнього ходу круга, с; $S_{\text{позд}}$ – швидкість поздовжньої подачі, м/с; $Q_{\text{ном}} = \pi \cdot D_{\text{дет}} \cdot t \cdot S_{\text{позд}}$ – номінальна продуктивність обробки, м³/с.

Із залежності (1) випливає, що фактична продуктивність обробки $Q_{\text{ф}}$ завжди менше номінальної продуктивності обробки $Q_{\text{ном}}$ в зв'язку з виникненням в технологічній системі пружного переміщення δ . Величина δ в загальному випадку залежить від жорсткості системи, ріжучої здатності шліфувального круга, режимів шліфування та інших умов обробки і може змінюватися в межах

$(0...1) \cdot \Pi$. Відповідно, фактична продуктивність обробки Q_f може змінюватися в межах $(0...1) \cdot Q_{ном}$.

Цим показано, що основним шляхом збільшення Q_f необхідно розглядати зменшення величини пружного переміщення за рахунок зміни умов обробки. Величина δ визначає точність розміру обробки. Вона задається на кресленні оброблюваної деталі й за величиною значно менше припуску Π , що знімається. З урахуванням цього в залежності (1) другим доданком можна знехтувати, в результаті чого приходимо до залежності $Q_f \approx Q_{ном}$. В даному випадку номінальна продуктивність обробки пов'язана певним чином з величиною δ . Для встановлення цього зв'язку слід скористатися відомим теоретичним рішенням, наведеним в роботі [1]:

$$\delta = \frac{P_y}{c} = \frac{P_z}{c \cdot K_{ш}} = \frac{\sigma \cdot S_{мит}}{c \cdot K_{ш}} = \frac{\sigma \cdot Q_f}{c \cdot K_{ш} \cdot V_{кр}} \approx \frac{\sigma \cdot Q_{ном}}{c \cdot K_{ш} \cdot V_{кр}}, \quad (2)$$

де P_y , P_z – радіальна і тангенціальна складові сили різання при шліфуванні, Н; c – приведена жорсткість технологічної системи в радіальному напрямку, Н/м; $K_{ш} = P_z / P_y$ – коефіцієнт шліфування; σ – умовне напруження різання при шліфуванні, Н/м²; $S_{мит} = Q_f / V_{кр}$ – миттєва сумарна площа поперечного перерізу зрізу всіма одночасно працюючими різальними зернами шліфувального круга, м²; $V_{кр}$ – швидкість круга, м/с.

Із залежності (2) випливає, що величина δ та номінальна продуктивність обробки $Q_{ном}$ пов'язані лінійною залежністю. Отже, зменшення величини δ вимагає пропорційного зменшення $Q_{ном}$ й, відповідно, Q_f , що неефективно, особливо при зніманні великих припусків.

Що ж треба зробити, щоб підвищити продуктивність обробки, забезпечуючи при цьому необхідну точність обробки? Цілком очевидним є рішення, пов'язане із застосуванням циклу круглого зовнішнього поздовжнього шліфування, що включає два етапи. На першому етапі слід здійснити чорнове шліфування з максимально можливою номінальною продуктивністю обробки $Q_{ном}$. На другому етапі – чистове шліфування з меншою номінальною продуктивністю обробки $Q_{ном}$, яка визначається відповідно до залежності (2) й забезпечує задану точність обробки δ . Величина припуску, що знімається на другому етапі, дорівнює величині пружного переміщення, що виникає на першому етапі шліфування.

Також існують цикли шліфування, що включають кілька етапів. На практиці широке застосування отримав цикл шліфування, що включає етап чорнового шліфування та етап виходжування, тобто етап шліфування з відключеною поперечною подачею верстата. На цьому етапі процес зняття припуску відбувається за рахунок пружних переміщень у технологічній системі, які виникають на етапі чорнового шліфування.

Середня фактична продуктивність розглянутого циклу круглого зовнішнього поздовжнього шліфування визначається залежністю:

$$Q_{cp} = \frac{\pi \cdot D_{dem} \cdot l_{dem} \cdot \Pi}{(\tau_1 + \tau_2)}, \quad (3)$$

де τ_1, τ_2 – тривалості першого та другого етапів циклу шліфування, с.

Розрахунками встановлено [1], що існує екстремум функції $(\tau_1 + \tau_2)$ в залежності від величини припуску Π_2 , що знімається на етапі виходжування. При цьому екстремальне значення Π_2 дорівнює величині сумарного припуску Π , що знімається, а в точці екстремуму $\Pi_2 = \Pi$ досягається мінімум функції $(\tau_1 + \tau_2)$, рис. 1.

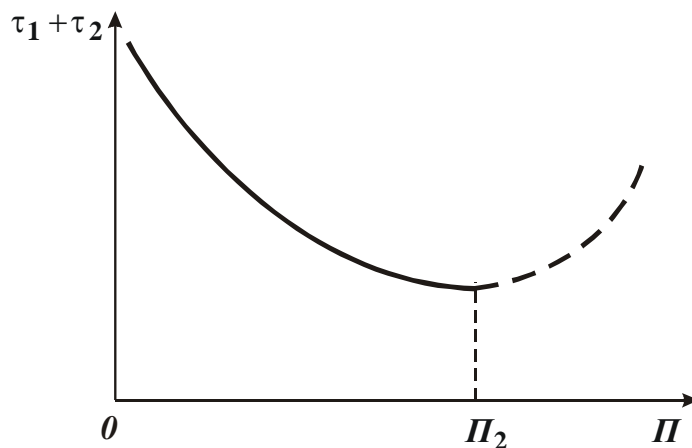


Рисунок 1 – Загальний вигляд функції $(\tau_1 + \tau_2)$ в залежності від величини припуску Π_2 , що знімається на етапі виходжування

Отже, з точки зору зменшення загального часу розглянутого циклу шліфування (або збільшення продуктивності обробки) доцільно виключити з циклу етап чорнового шліфування ($\tau_1=0$), тобто зняття всього припуску здійснювати лише на етапі виходжування, створюючи в технологічній системі початковий натяг, рівний величині припуску Π , що знімається. Виходячи з цього, оптимальним циклом круглого зовнішнього поздовжнього багатопрхідного шліфування, що забезпечує максимально можливу продуктивність обробки з урахуванням обмеження за точністю обробки, слід розглядати цикл шліфування, що включає лише етап виходжування. Отримане теоретичне рішення впроваджено на ряді фінішних операцій абразивної обробки високоточних деталей авіаційного призначення, виготовлених з матеріалів з підвищеними фізико-механічними властивостями. Це дозволило підвищити продуктивність та точність обробки деталей, зменшити її трудомісткість.

ЛІТЕРАТУРА

1. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Одесса: ОНПУ, 2004. – Т. 7. «Точность обработки деталей машин». – 546 с.