

УДК 681.31:621.941.236

В.Ю. Денисюк

Луцький національний технічний університет

**МОДЕЛЮВАННЯ ЗВ'ЯЗКІВ РЕЖИМІВ
ФОРМОУТВОРЕННЯ З ПАРАМЕТРАМИ
МІКРОРЕЛЬЄФУ ПОВЕРХНІ В ПРОЦЕСІ
ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ**

В статті розглянуто комплексний підхід до моделювання елементів мікрорельєфу геометричної структури поверхні в процесі багатопрохідної токарної обробки. Розроблені математичні моделі і технологічні способи керування точністю формоутворення поверхні.

Моделювання процедур формування параметрів якості деталей на токарних операціях при механічній обробці є основою прогнозування їхньої точності й оптимізації технології. Достовірний прогноз якості значно скорочує терміни підготовки виробництва нових виробів, знижує витрати на пошуки шляхів досягнення заданої точності виготовлення деталей і виробів в цілому. Розробка і функціонування гнучких виробничих систем (ГВС) дозволяє підвищити продуктивність праці в механічних цехах. У той же час процедури розробки технології механічної обробки, їхня апробація і доведення, незважаючи на існуючі САПР, усе ще здійснюється з великою часткою ручної праці. Більшість САПР не оснащені підпрограмами, що прогнозують параметри якості поверхні. Ця обставина вимагає фізичного моделювання, тобто експериментальної апробації розробленого технологічного процесу з наступною його корекцією, що збільшує терміни підготовки виробництва нових виробів.

Освоєння ГВС передбачає виключити з виробничого обороту такі технологічні документи як маршрутні й операційні карти, а обрані режими різання і керуючі програми безпосередньо передавати на ПЧПК верстатами. У цьому зв'язку зростає роль прогнозу параметрів якості. Призначувані для ГВС режими різання, характеристики інструмента повинні попередньо перевірятися на математичних моделях процесів і систем, гарантувати виконання заданих параметрів якості вже в перших запусках.

Для всіх способів механічної обробки потрібно усунути пошкодженій шар матеріалу. Для досягнення певної точності повинна бути досягнута і певна продуктивність. Тому слід зауважити, що шар затверділого матеріалу усувається при зменшених параметрах режимів різання, а отже, і зі зменшеною продуктивністю.

Такі міркування поряд з вимогами до точності деталі приводять до висновку, що оптимальною вважається трьохетапна обробка:

- чорнова обробка – має за мету усунення верхнього шару (пошкодженого);
- чистова обробка – має за мету досягнення рівномірної глибини різання на етапі кінцевої обробки (мінімальна неточність);
- кінцева обробка – кінцевий стан виконання деталі в межах заданого допуску.

Багаторічний досвід показав, що існують тісні зв'язки між станом верхнього шару і здатністю виконувати різні корисні функції елементами машин. Інтегральною складовою такого шару є зовнішня поверхня, утворена під час обробки, будову якої визначає структура поверхні [3].

Існує два визначення геометричної структури поверхні: перша з них – ширша, яка включає шорсткість, хвилястість, похибки форми та недоліки поверхні; друга –

вужча, яка виходить з поняття структури як сукупності елементів, що повторюються, а саме шорсткості, хвилястості, а також дефектів поверхні. Розглянемо формування в результаті багатопрохідної токарної обробки таких елементів геометричної структури поверхні, як шорсткість і хвилястість.

Розглянуто випадок точіння в два прийоми. Під час чистового точіння утворилися нерівності поверхні, що відображають форму ребра (радіус ребра $t_\epsilon \rightarrow 0$). Ці нерівності усуваються при кінцевому точінні.

Глибина різання під час кінцевого точіння t складається з двох складових: постійної $t_{ном}$ і змінної $t_{зм}$ тобто

$$t = t_{ном} + t_{зм}. \quad (1)$$

Аналіз проведено за наступних умов:

- 1) Подача під час кінцевого точіння s_2 менша від подачі при чистовому точінні s_1 ;
- 2) кут прилягання леза при кінцевому точінні k_{r2} відповідає умові:

$$k_{r1} \leq k_{r2} \leq 90^\circ,$$

де k_{r1} – кут прилягання леза при чистовому точінні.

Припустивши, що точка O (рис. 1) є початковою в процесі кінцевого точіння (ця точка переміщується за гвинтовою лінією, визначеною нерівностями, утвореними під час чистового точіння), а також приймаючи до уваги рух подачі під час кінцевого точіння s_2 , можна визначити відстань x , на яку перемістилася точка A перетину ріжучої кромки з лінією, яка проходить через вершини нерівностей і паралельна до напрямку руху подачі в часі T :

$$x = (s_1 n_1 - s_2 n_2) T \quad (2)$$

де n_1 – швидкість обертання оброблюваної деталі під час чистового точіння;

n_2 – швидкість обертання оброблюваної деталі під час кінцевого точіння;

$s_1 n_1$ – лінійна швидкість профілю 1 при чистовій обробці (профілю “твинт”);

$s_2 n_2$ – лінійна швидкість різця під час кінцевої обробки.

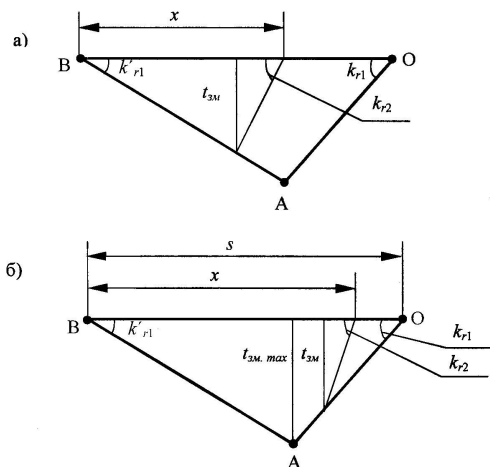


Рис. 1. Допоміжний рисунок для визначення залежності $t_{3M}=f(x)$: а) в області t_{3M} зростаючих; б) в області t_{3M} спадаючих

З рис. 1 видно, що, якщо точка А буде переміщуватися від точки О до точки В, то змінна складова глибини різання t_{3M} буде зростати до величини $t_{3M, max}$, після чого зменшуватиметься до нуля. З рис. 1 можна визначити t_{3M} в функції x , а при врахуванні формули (2) ці залежності приймуть вигляд:

- для t_{3M} , зростаючого в діапазоні $0 - t_{3M, max}$:

$$t_{3M} = (s_1 n_1 - s_2 n_2) \frac{tgk_{r2} tgk'_{r1}}{tgk_{r2} + tgk'_{r1}} T; \quad (3)$$

- для t_{3M} , що зменшується в діапазоні $t_{3M, max} - 0$:

$$t_{3M} = [s_1 - (s_1 n_1 - s_2 n_2) T] \frac{tgk'_{r1} tgk_{r2}}{tgk_{r2} - tgk'_{r1}}, \quad (4)$$

Кут k'_{r1} є допоміжним.

Час одного періоду змін, тобто час переміщення точки А від положення О до В (рис. 1) можна визначити з залежності:

$$T = \frac{s_1}{s_1 n_1 - s_2 n_2} . \quad (5)$$

Час зростання t_{3M} від нуля до $t_{3M.max}$ можна визначити з формули, виведеної на основі геометрично-кінематичної залежності:

$$T_1 = \frac{s_1}{s_1 n_1 - s_2 n_2} \cdot \frac{tgk_{r2} + tgk'_{r1}}{tgk_{r1} + tgk'_{r1}} \cdot \frac{tgk_{r1}}{tgk_{r2}} . \quad (6)$$

Як відомо, кінцевій обробці передуює чистова, яка з одного боку, забезпечує рівномірний припуск для наступного кінцевого етапу, а з другого – це передостання операція, коли формується шорсткість, при якій працює різець на етапі кінцевої обробки. Схема взаємодії різця і деталі для такого випадку представлена на рис. 2, де 1 – профіль оброблюваної деталі після чистової обробки; 2 – профіль деталі після кінцевої обробки; 3 – різець.

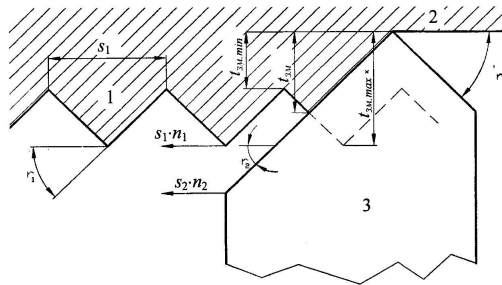


Рис. 2. Взаємодія різця і деталі на етапі кінцевої обробки

Як видно з рис. 3, в процесі кінцевої обробки глибина різання коливається в межах $t_{3M.min} - t_{3M.max}$. Це можливо у

випадку, коли $s_1 \neq s_2$. При $s_1 > s_2$ різець буде залишатись позаду за профілем „гвинта” 1, що викликатиме коливання глибини різання, а тим самим і сили різання.

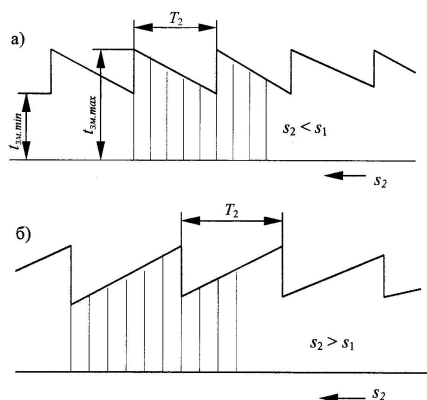


Рис. 3. Схеми різання при різних подачах кінцевої обробки s_2

Можливі два випадки:

1) $s_2 < s_1$ – в такому випадку різець буде відставати від профілю „гвинта” (рис. 3, а).

2) $s_2 > s_1$ – в такому випадку різець буде наздоганяти профіль „гвинта” (рис. 3, б).

Діаграми залежності сил різання від часу для вказаних випадків показано на рис. 4.

У випадку, коли $s_1 < s_2$ (різець наздоганяє „гвинт”, рис. 4, а), то зміни сил різання мають характер зворотної „дилки”. В умовах дійсних $s_1 > s_2$ (рис. 4, б), сили різання рівномірно зростають і раптово спадають.

Період коливань глибини різання і сил різання T_2 може бути визначений за формулою:

$$T_2 = \frac{s_1}{|s_1 n_1 - s_2 n_2|}. \quad (6)$$

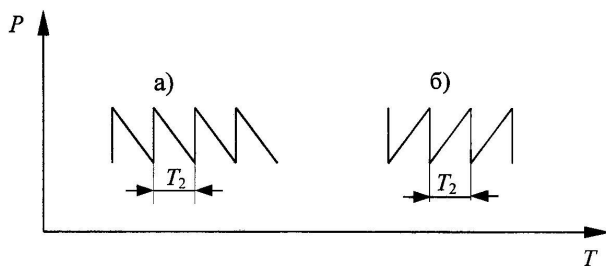


Рис. 4. Діаграми залежності сил різання від часу

Як видно з формули (6), період коливань сил різання може знаходитись в межах від $T_2 = \frac{1}{n_2}$ (при $s_2 = 0$) до $T_2 = \infty$ (при $s_1 = s_2$).

Моделювання механізму формування параметрів мікротопографії поверхні дозволяє вирішувати серію прикладних задач розробки і оптимізації технології формоутворення поверхонь тіл обертання. Розроблені математичні моделі і технологічні способи керування точністю форми, хвилястістю та параметрами шорсткості дозволили кількісно оцінити характер кожного з управляючих впливів технологічних факторів на параметри якості поверхонь деталей. Експериментальними дослідженнями встановлено, що найсуттєвішим фактором, який впливає на виникнення хвилястості під час токарної обробки тіл обертання, є різниця (співвідношення) подач на чергових переходах. Принцип керування хвилястістю поверхні під час точіння полягає в підборі співвідношення подач на послідовних переходах.

Література:

1. Денисюк В.Ю., Заболотний О.В., Марчук В.І. Зв'язки режимів формоутворення з параметрами мікрорельєфу поверхні під час токарної обробки // Наукові

нотатки: Міжвуз. зб. (за напрямком “Інженерна механіка”). Вип. 15. – Луцьк: ЛДТУ, 2004. С. 65-74.

2. Денисюк В.Ю., Марченко В.М., Марчук В.І. Моделювання формоутворення поверхонь деталей для забезпечення характеристик якості на токарно-автоматних операціях // Наукові нотатки: Міжвуз. зб. (за напрямком “Інженерна механіка”). Вип. 18. – Луцьк: ЛДТУ, 2006. – С. 133–143.

3. Колев К.С., Горчаков Л.Н. Точность обработки и режимы резания. – М.: Машиностроение, 1976. – 144 с.