



## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ОБРОБЛЕННЯ ГЛИБОКИХ ОТВОРІВ ЦИЛІНДРІВ БАГАТОЛЕЗОВИМ РІЗАЛЬНИМ ІНСТРУМЕНТОМ

**Кривий П.Д., к.т.н., професор., Крупа В.В., асистент**

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

Проаналізовано існуючі процеси оброблення глибоких отворів багатолезовими різальними інструментами [1,2] та їх конструктивні особливості.

В результаті аналізу виявлено прогресивні технологічні процеси та металообробні інструменти [3], які дозволяють за один прохід отримувати задану точність і шорсткість обробленої поверхні.

Разом з тим відзначено певні недоліки відомих процесів оброблення глибоких отворів, наприклад, зенкерами, що працюють на розтяг і плаваючими дворізцевими головками. Суттєвим недоліком використання вищезазначених зенкерів із рівномірно розміщеними по колу зубами з допоміжним кутом в плані  $\varphi' = 1 - 2^\circ$  і циліндричною фаскою на допоміжній задній поверхні є те, що в процесі оброблення внутрішньої поверхні циліндра з охолодженням в результаті температурних деформацій інструменту отвір отримується конічної форми і часто величина діаметрального збільшення отвору виходить за межі допуску. Це підтверджується використанням таких інструментів при виготовленні корпусу гідروпідсилювача рульової колонки автомобіля КРАЗ діаметром  $d = 70 \text{ мм}$  та довжиною  $l = 400 \text{ мм}$  на ПАТ «Кам'янець-Подільськавтоагрегат» і створює необхідність послідовного використання комплекту зенкерів із 6 штук. Застосування плаваючої дворізцевої розточної головки не забезпечує однорідної шорсткості обробленої поверхні, а одночасно з тим створює на обробленій поверхні ряд глибоких рисок, що затруднює виконання фінішної операції – розкочування роликками внутрішньої поверхні циліндра підйому стріли крана.

Проаналізовано існуючі теоретичні та емпіричні залежності для визначення висотних параметрів шорсткості поверхні, отриманої в процесі різання металообробним інструментом. В результаті встановлено, що проаналізовані залежності подають суперечливі результати геометричної шорсткості, як в плані їх висотних параметрів, так і в плані створення тої чи іншої форми профілю.

Відзначено, що залежності для визначення параметрів шорсткості отримані на основі детерміністського підходу, без врахування стохастичності такого режиму різання, як подача.

Здійснення досліджень і отримання позитивних результатів направлених на підвищення ефективності процесу оброблення глибоких отворів циліндрів на основі теоретико ймовірнісного підходу формування шорсткості обробленої поверхні є безумовно актуальною задачею.



Розв'язання поставленої задачі підвищення ефективності процесу оброблення глибоких отворів циліндрів здійснено шляхом зростання продуктивності оброблення і якості обробленої поверхні через збільшення подачі і виключення з технологічного процесу фінішної операції (шліфування, тонке розточування) за рахунок створення оригінальних конструкцій багатолезових різальних інструментів на основі імовірно-математичних моделей шорсткості обробленої поверхні.

Запропоновано п'ять геометрично-математичних моделей формування висоти мікронерівностей при різних умовах контактування різальних кромок різальних елементів інструментів з поверхнею різання та обробленою поверхнею [4]. Розроблено методику та здійснено дослідження точності подач на токарно-гвинторізних верстатах. Встановлено, що ряди подач підпорядковуються усічному ормальному закону розподілу та отримано залежності для визначення їх характеристик.

Запропоновано методики проектування багатолезових металорізальних інструментів для оброблення внутрішніх циліндричних глибоких отворів. Створено три та чотирьох різцеві розточні головки, що реалізують в процесі різання одночасний поділ припуску та подачі [5,6].

Отримано математичні моделі оптимізації геометричних параметрів різальних елементів при функції мети  $s \rightarrow \max$ , що забезпечує максимальну подачу.

Отримано залежності для визначення кутових положень чистових та чорнового різців, а також залежності для визначення глибин різання чистовими і чорновим різцями.

Приведено методику проектування спеціальних чотирьохзубих зенкерів із нерівномірним розміщенням по колу різальних елементів із підвищеною продуктивністю оброблення. Отримано залежності для визначення кутових положень різцівта величин корегованих кутів в плані для забезпечення заданої шорсткості, а також залежності для визначення подач на кожен із зубів зенкера і загальну подачу на оберт інструменту.

В результаті використання запропонованих методик спроектовано нові прогресивні багатолезові інструменти для оброблення глибоких отворів циліндрів [8, 9].

Розроблені проекти виготовлено в металі і апробована технологічне оснащення для проведення експериментальних досліджень ефективності запропонованих конструктивних рішень із забезпеченням якісних показників обробленої поверхні (шорсткість, точність діаметральних розмірів, відхилення від круглості в залежності від подачі і глибини різання). Отримано емпіричні залежності для визначення осьової сили різання та крутного моменту в залежності від глибини різання та подачі.

Запропоновано параметр шорсткості  $Ra$  подавати, як випадкову величину і визначати її не менш, ніж 6-10 трас на внутрішніх циліндричних поверхнях в поперечному перерізі. Використано теорію малих вибірок, зокрема метод ітерацій для малих вибірок отримано характеристики розсіювання випадкової величини  $Ra$ , а саме математичне сподівання, яке приблизно дорівнює



середньому значенню  $M(Ra) = \overline{Ra}$  та дисперсію. За критеріями Стюдента та Фішера здійснено оцінку істотності впливу подачі  $s$  на  $\overline{Ra}$  і  $D(Ra)$ .

Враховуючи стохастичність подачі  $s$  та головного кута в плані  $\phi$  використано двофакторний дисперсійний аналіз для оцінки впливу  $s$  і  $\phi$  на параметр  $Ra$ .

Круглограми відхилень від круглості поперечного перерізу внутрішньої циліндричної поверхні циліндра прийнято як періодичні випадкові функції і кожна з них апроксимована тригонометричним рядом Фур'є. Проаналізовано істотну відмінність за характеристиками: середнє значення відхилень від круглості  $\overline{\Delta}$ , яка дорівнює  $\frac{a_0}{2}$ , тут  $a_0$  – вільний член ряду і дисперсіями

$$D(\Delta) = \sum_{i=1}^{10} \frac{A_i^2}{2}, \text{ де } A_i \text{ – амплітуди гармонік відхилень від круглості.}$$

Розроблена методика визначення економічної ефективності оброблення внутрішніх циліндричних поверхонь глибоких отворів циліндрів при використанні запропонованих технічних рішень. Позитивний результат економічної ефективності полягає в підвищеній продуктивності оброблення за рахунок використання більших подач при забезпеченні заданих значень  $Ra$ .

### Література:

1. *Обработка глубоких отверстий в машиностроении. Справочник.* [Курсанов С. В., Грецишников В. А., Григорьев С. Н., Схиртладзе А. Г.] М.: Машиностроение. – 2010. – 344с.
2. *Уткин Н.Ф. Обработка глубоких отверстий / Уткин Н.Ф., Кижняев Ю.Н., Плужников С.К. – Л.: Машиностроение, 1988. – 269 с.*
3. Пат. 2104827 RU, МПК<sup>6</sup> В23В 29/03. *Расточная головка / Самыкин В.Н., Волков А.Н., Бурмистров Е.В., заявитель и патентообладатель Самарский государственный аэрокосмический университет. – №94028997/02 ; заявл. 12.07.94 ; опубл. 20.02.98.*
4. *Кривий П.Д. Геометричні та математичні моделювання формування шорсткості поверхні при точінні та розточуванні /П.Д. Кривий, В.В. Крупа // Вісник житомирського державного технологічного університету. – 2010. –№2. – С. 47-56.*
5. *Кривий П.Д. Конструкторсько-технологічні передумови підвищення якості оброблення глибоких отворів тонкостінних циліндрів / Кривий П.Д., Крупа В.В., Продан В.І. // Вісник ТДТУ. — 2010. — Том 15. — № 1. — С. 147-156. — (машинобудування, автоматизація виробництва та процеси механічної обробки).*
6. *Крупа В. Визначення конструкторсько-технологічних параметрів багаторіцевих розточних головок з поділом припуску та подачі / Крупа В. // Вісник ТНТУ. — 2011. — Том 16. — № 1. — С.105-117. — (машинобудування, автоматизація виробництва та процеси механічної обробки).*
7. Пат. 73092 UA МПК (2006.01) В23В 51/10. *Багатолезовий різальний інструмент для витяжного розточування внутрішніх циліндричних поверхонь / Кривий П. Д., Крупа В. В.; заявник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – u201202467; заявл. 01.03.2012; опубл. 10.09.2012, бюл. № 17/2012.*
8. Пат. 73092 UA МПК (2006.01) В23В 29/03. *Розточна головка / Кривий П. Д., Крупа В. В.; заявник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – u201200904; заявл. 30.01.12. опубл. 27.08.2012, бюл. № 16/2012.*