

## ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ФРЕЗЕРНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ПРОСТОРОВОЇ ФОРМИ НИЗЬКОЇ ЖОРСТКОСТІ З НЕРЖАВІЮЧОЇ СТАЛІ

Проблема підвищення точності фрезерної обробки деталей просторової форми низької жорсткості є актуальною у сучасному машинобудівному виробництві. Нержавіюча сталь використовується в різних галузях, включаючи медичну, харчову, та хімічну промисловість, а також енергетику та аерокосмічну галузь. Проте властивості нержавіючих сталей знижують їх оброблюваність різанням, впливають на стійкість інструментів та якість оброблених деталей [1, 2].

Додатково ускладнює процес різання обмежена жорсткість деталей, що може призводити до зниження точності готових виробів та продуктивності процесу обробки.

З огляду на зростання вимог до якості та точності продукції на світовому ринку, питання оптимізації фрезерної обробки деталей з нержавіючої сталі набуває великої вагомості. Високоякісні деталі є важливими для безпеки, надійності, та довговічності устаткування і машин. Тому вирішення проблеми підвищення точності фрезерної обробки деталей просторової форми низької жорсткості з нержавіючої сталі є важливим науковим завданням і потребує докладного опрацювання.

Розгляд шляхів вирішення окресленої проблеми вимагає систематизації чинників що впливають на кінцеву точність фрезерування нежорстких деталей. Важливе значення також мають специфічні особливості нержавіючих сталей, які широко застосовуються у харчовій промисловості.

Оброблюваність нержавіючих сталей характеризується певними негативними чинниками, до яких відносяться:

- схильність до зміцнення при деформації, зростання твердості оброблюваної поверхні деталі під впливом пластичної деформації процесу різання;
- низька теплопровідність порівняно з конструкційними сталями, що обумовлює більш високі температури в зоні різання і швидке зношування різального леза інструменту;
- схильність до наростоутворення, що призводить до зміни і нестабільності геометричних параметрів різального леза, і відповідно, погіршення якості оброблюваної поверхні.

- утворення зливної стружки, що погано дробиться з утворенням задирок на обробленій поверхні.

Додатковий негативний вплив на точність обробки просторових деталей має їх обмежена жорсткість, що призводить до збільшення лінійних деформацій деталей і зміни форми і розташування окремих поверхонь.

Заходи спрямовані на підвищення точності обробки фокусуються на зниженні силової складової процесу різання, інтенсифікації відводу тепла та цілеспрямованому управлінні параметрами режиму різання [3]:

- вибір інструментів з оптимальною геометрією та матеріалом різальної частини, спрямованих на зниження сили різання та зменшення вібрацій;
- зниження температури різання забезпеченням ефективного охолодження, що мінімізує теплові деформації деталей та підвищує стійкість інструментів.
- вибір раціональних параметрів режиму та їх регулювання під час обробки з метою забезпечення усталеності процесу різання, підтримання оптимальної швидкості різання для різних типів обробки та різаних матеріалів, регулювання швидкості подачі: усе спрямовано на підвищення якісних показників обробки та стійкості інструментів;
- постійний моніторинг обробки з вібраційний аналізом дозволяє виявити ділянки підвищеної віброактивності процесу і вчасно виконувати його корекцію;
- контроль оброблених деталей під час та після обробки дозволяє вчасно реагувати на зниження точності процесу виготовлення деталей в партії, викликаних випадковими та систематичними чинниками.

У більшості випадків на машинобудівних підприємствах застосовують фрезерування зі зменшеними глибинами різання, адаптивним управлінням режимами обробки, базування і закріплення нежорстких заготовок з додатковими підвідними опорами тощо.

Співвідношення для визначення коефіцієнта для підвищення точності (коефіцієнт уточнення), тобто відношення однойменних похибок заготовки  $\Delta z$  і деталі  $\Delta d$  має вигляд [3]:

$$\xi = \frac{\Delta z}{\Delta d} = \frac{(t_1 - t_2)}{(y_1 - y_2)} \quad (1)$$

де  $t_1$  і  $t_2$  – максимальна і мінімальна глибини різання,  $y_1$  і  $y_2$  – відповідні сумарні переміщення в системі по нормалі до поверхні обробки.

Нестабільність сили різання та різні значення жорсткості в різних частинах деталей призводять до нерівномірних пружних деформацій цих елементів під час їх закріплення та обробки. Класифікація просторових деталей залежно від ступеня жорсткості виявляється складною задачею, але важливою для визначення досяжності необхідної точності та площинності обробки. При розробці пристосувань для обробки деталей, таких як кришки, корпуси, і т. д., дотримання правил 6-ти точок базування рекомендується, де важливо враховувати максимально можливу відстань між трьома опорними і двома напрямними точками, а також симетричне розподілення сил затиску. Проте для нежорстких деталей цей принцип непридатний.

В багатьох випадках з достатньою для практики точністю при дослідженні різноманітних технологічних систем як оціночну функцію можна прийняти умови стійкості, що визначають допустимий рівень коливань, запас стійкості і швидкодію технологічних систем. У загальному вигляді така функція, що визначає переміщення технологічної системи під дією імпульсних або ударних навантажень, має вигляд :

$$y_{max} = \sum_1^k y_k \beta_k \leq \Delta, \quad (2)$$

де  $U_{max}$  – найбільше відносне переміщення технологічної системи у напрямку, що визначає точність обробки.;  $y_k$  – найбільше переміщення у вибраному напрямку під дією одного імпульса для  $k$ -ої форми коливань технологічної системи;  $\beta_k$  – коефіцієнти, що враховують вплив повторних імпульсів на переміщення системи;  $\Delta$  – допустимі переміщення, що забезпечують задану точність обробки.

У дослідженні, яке було проведено в [4], розглянуто, як нежорсткі деталі можуть виникати похибки обробки через залишкові напруги, які накопичуються в заготовках та змінюються під час обробки, що може призвести до деформації оброблених деталей. Також зазначено, що при обробці нежорстких деталей сила різання  $P_y$  викликає одночасне стискання обробленої поверхні, що в свою чергу впливає на глибину різання.

В роботі [5] акцентується увага на тому, що однією з основних причин автоколивань нежорстких деталей є періодичні зміни в їх жорсткості щодо нерухомих осей деталей, елементів пристосування, а також складових верстата. Більшість нежорстких деталей, включаючи їх заготовки, мають складну геометричну форму, яка відрізняється від простих плоских деталей, таких як планки, бруски або плити. Розрахунок динамічних характеристик таких деталей, як єдиного цілого, є важким завданням, тому автори рекомендують розбивати кожну деталь на окремі частини, щоб дослідити взаємозв'язки між їхньою геометрією і параметрами автоколивань, такими як частота ( $W$ ) і амплітуда ( $A$ ).

**Висновки.** Підвищення точності обробки та її оптимізування можливе лише на основі вивченням закономірностей виникнення і зміни похибок обробки, що пов'язані з характеристиками і умовами експлуатації обладнання та інструмента з обов'язковим врахуванням параметрів жорсткості заготовки. Для розв'язання цієї задачі необхідно розробити методологію визначення оптимальних режимів різання, параметрів інструментів та пристосувань, динамічних характеристик і умов функціонування технологічної обробної системи, що гарантують задану точність і продуктивність обробки. Заплановані дослідження передбачають:

- визначення складових і створення узагальненої моделі технологічної системи;
- визначення впливу на технологічну систему у процесі її роботи закономірностей факторів, що змінюються в процесі обробки;
- аналіз впливів цих факторів на відносне переміщення інструмента і заготовки;
- встановлення оптимальних параметрів і умов роботи технологічної системи, що забезпечують дотримання вимог до обробки.

#### Література:

1. Некрасов С.С. Підвищення працездатності твердосплавних кінцевих фрез при обробці ливарних сталей аустенітного класу. автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / Некрасов Сергій Сергійович; НТУУ «КПІ», Київ, 2012 – 23 с.
2. Stephenson, D.A., & Agapiou, J.S. (2016). Metal Cutting Theory and Practice (3rd ed.). CRC Press.
3. Мельничук П.П., Лоев В.Ю., Головатенко О.В. Техніко-технологічні підходи удосконалення процесу торцевого фрезерування плоских поверхонь нежорстких деталей. Вісник ЖДТУ. Серія «Технічні науки», – 2008. №3 (46). С.139-146.
4. Колот Л.П., Бойко Ю.А. Обробка нежорстких площинних деталей з раціональним зусиллям різання // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: 36. наук. пр. – Вип. 18. – Краматорськ: ДДМА, 2005. – С. 176–179.
5. Калафатова Л.П., Олійник С.Ю. Постановка задачі математичного моделювання процесу фрезерування з врахуванням впливу конструкції деталі на динаміку технологічної системи ВПД // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: 36. наук. пр. – Вип. 18. – Краматорськ: ДДМА, 2005.