

## ПІДВИЩЕННЯ ВІБРОСТІЙКОСТІ ПРОЦЕСУ ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ ШЛЯХОМ ЦІЛЕСПРЯМОВАНОЇ ЗМІНИ ПЕРШОЇ ВЛАСНОЇ ЧАСТОТИ КОЛИВАНЬ ПІДСИСТЕМИ ІНСТРУМЕНТА

Одним з варіантів вирішення питання підвищення продуктивності чистової обробки плоских поверхонь корпусних, базових та інших деталей з чавунів і загартованих сталей є заміна шліфування чистовим торцевим фрезеруванням. Використання нових інструментальних матеріалів дозволяє підвищити продуктивність фрезерної обробки з досягненням параметрів якості обробленої поверхні, відповідним шліфуванню. Але підтримка необхідного рівня якості обробленої поверхні (перш за все шорсткості та площинності) протягом усього часу обробки залежить від багатьох факторів: конструкції фрези, розміщення та типу кріплення різальних елементів, їх геометрії, параметрів інструментального та оброблюваного матеріалів, верстата, базування фрези та заготовки, форми обробленої поверхні та ін. Основна частина вказаних факторів визначається наперед, окремі змінюються під час обробки, або не можуть бути наперед задані – зміна припуску, місцевої твердості оброблюваної поверхні, теплові деформації.

Використання стандартних торцевих фрез для чистової обробки плоских поверхонь супроводжується нерівномірним зношуванням різальних кромки, ударами на вході та виході в зонах контакту з заготовкою, биттям різальних кромки; нерівномірністю навантаження окремих ножів та ін. [1, 3]. Одним із шляхів покращення якості обробленої поверхні є використання нових конструкцій фрез та схем різання [2 – 4] з застосуванням:

- конструкцій фрез з груповою схемою різання (з розміщенням груп різальних елементів по висоті відносно корпуса фрези або відстані від її осі, діленням на чистові та чорнові) та розташуванням різальних елементів (ножів) на різних спіралях корпуса фрези (спіралях Ферма, Архімеда, логарифмічних спіралях);
- косокутної геометрії різальних кромки та безвершинної форми різальної частини лека;
- верстатів з високою вібростійкістю, безазорною установкою шпинделя та достатньою його збалансованістю.
- якісного способу встановлення фрези на верстаті.

Перераховані заходи, певною мірою, знижують віброактивність процесу фрезерування за рахунок збільшення жорсткості обробної системи, забезпечення рівномірності процесу різання окремим ножем, групою ножів, нормуванням розподілення припуску, зменшення сил різання та покращення процесів стружкоутворення. Одним з важливих факторів правильного вибору конструкції фрези та геометрії різальних лез є моделювання динамічних процесів у технологічній обробній системі (ТОС). Відповідно, важливим є визначення впливу динаміки окремих складових ТОС на кінцеву якість обробленої поверхні за умови гарантованої динамічної стійкості системи при чистовому фрезеруванні. Процес виникнення та підтримки поперечних коливань при торцевому фрезеруванні (автоколивань) може бути відтворений системою нелінійних диференціальних рівнянь в часткових похідних з запізненням у часі.

Домінуючою у поперечних коливаннях прийнята система інструмента з приведенням маси системи до її вільного кінця. Система диференціальних рівнянь, яка представляє поперечні коливання фрези має вигляд:

$$\left. \begin{aligned} m \ddot{y} + b \dot{y} + Cy &= F_y^\Sigma \\ m \ddot{z} + b \dot{z} + Cz &= F_z^\Sigma \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де  $m$ ,  $b$ ,  $C$  – інерційний, дисипативний та деформативний коефіцієнти відповідно;

$F_z^\Sigma$ ,  $F_y^\Sigma$  – проекції сили різання на відповідні осі;

$z$ ,  $y$  – амплітуда поперечних коливань фрези по напрямках осей  $Z$  та  $Y$ .

З врахуванням умов визначення миттєвої товщини зрізу значення сил, які діють на різальну кромку одного ножа, визначаються за формулами:

$$\left. \begin{aligned} F_\phi &= Kb(s_z \sin \omega t + y(x, t - T - \tau) - y(x, t - \tau))^{y_p} \\ F_r &= Kb(A_0(s_z \sin \omega t + y(x, t - T - \tau) - y(x, t - \tau))^{y_p} + B_0) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де  $s_z$  – подача на зуб фрези,  $t$  – поточний час,  $\omega$  – кутова швидкість фрези,  $T$  – час вторинного запізнення. де  $R_1(\phi')$ ,

$R_2(\phi')$  – оператори сил  $F_\phi$  та  $F_r$ .

Розроблена модель коливань підсистеми інструмента дозволяє визначити вплив динамічних властивостей ТОС та процесу фрезерування (параметрів режиму різання, геометрії інструмента, силових факторів) на рівень та характеристики вібрацій, що виникають при різанні. Відповідно, може бути основою підвищення вібростійкості процесу торцевого фрезерування шляхом.