

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА ВЕРСТАТА ДЛЯ ЧИСТОВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ ПЛОЩИН

Працездатність машин значною мірою залежать від якісних характеристик складових деталей. При цьому значна увага приділяється не тільки параметрам досягнення геометричної точності деталей, але й фізико-механічним характеристикам поверхневого шару. Процес експлуатації деталей супроводжують знакозмінні силові навантаження, дія теплових джерел, агресивних середовищ тощо. Деталі повинні протистояти зовнішнім впливам протягом заданого періоду роботи – це буде забезпечувати надійну роботу механізмів та машин у цілому. При цьому від якості поверхневого шару залежать експлуатаційні властивості – зносостійкість, корозійна стійкість тощо.

Одним із прогресивних методів підвищення якості обробки плоских поверхонь є застосування процесів чистового фрезерування косокутними торцевими фрезами.

При цьому деформації технологічної системи в значній мірі визначають якість обробки плоских поверхонь деталей.

При торцевому фрезеруванні похибки обробки внаслідок деформацій можуть складати до 90% сумарної похибки обробки.

Характерною особливістю торцевого фрезерування є змінність товщин зрізу по дузі контакту різального елемента фрези із заготовкою. При цьому виникають складові сили різання, які змінюють свою величину, напрям дії і призводять до похибок обробки деталей у поперечному напрямку внаслідок динамічних деформацій технологічної системи.

Динаміка торцевого фрезерування характеризується також процесами вривання та виходу кожного різального елемента із зони різання, що в свою чергу впливає на динамічні деформації технологічної системи.

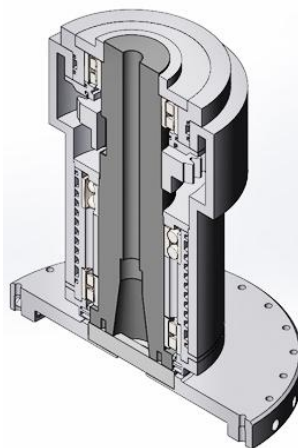
У повздовжньому напрямку (у напрямленні подачі) похибки обробки пов'язані насамперед зі змінністю сил різання при вриванні і при виході фрези із контакту з заготовкою із-за змінності ширини фрезерування, при цьому різко змінюється кількість різальних елементів, що одночасно приймають участь у різанні і виникають похибки повздовжнього профілю, які є повільно змінними, статичними.

Авторами було досліджено напружено-деформований стан торцевих фрез косокутного різання і їх вплив на формування макропрофілю оброблених поверхонь, але при цьому не розглядалися питання впливу інших складових технологічної системи.

Разом з тим, однією із складових технологічної системи, яка сильно впливає на якість обробки є верстат, на якому здійснюється процес фрезерування. Дослідження показують, що у формуванні показників точності взаємного розташування поверхонь і точності форми, вплив шпиндельного вузла становить 50–90% у загальному розподілі точності верстата.

Метою виконаних досліджень було побудова твердотільної моделі шпиндельного вузла та оцінка пружно-деформованої характеристики шпинделя фрезерного верстата для прогнозування впливу на якісні характеристики формування профілю геометрії оброблених поверхонь.

3D модель шпиндельного вузла (рис. 1) виконана у програмному забезпеченні SolidWorks.



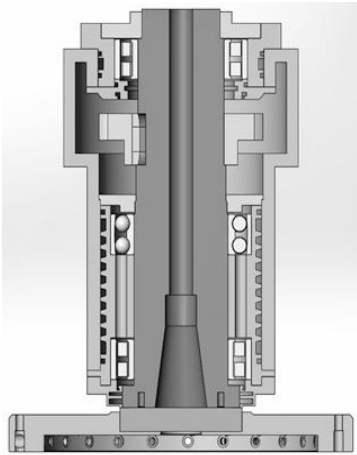


Рис. 1. 3D-модель шпиндельного вузла

У шпиндельному вузлі в якості задньої опори використовується двухрядний роликовий радіальний підшипник 3182122 класу точності 4, а в якості передньої – двухрядний роликовий радіальний підшипник 3182124 класу точності 2 та радіально-упорний шариковий двухрядний підшипник 178824 класу точності 4, які забезпечують жорстку фіксацію шпинделя.

Комплексний інженерний аналіз напружено-деформованого стану шпинделя вертикально-фрезерного верстата здійснено за допомогою модуля Simulation, інтегрованого в середовище.

Для розрахунку були використані наступні вихідні дані: консольно-вертикально-фрезерний верстат мод. 6П10, торцева фреза діаметром  $D = 440$  мм, оснащена різальними елементами з полікристалічного надтвердого матеріалу – Гексаніт-Р. Матеріал заготовки – сірий чавун СЧ21 (160–250 НВ), розміри  $1500 \times 850 \times 700$  мм. Для виконання чистового фрезерування прийнято глибину різання  $t = 0,75$  мм, подачу  $S_z = 0,1$  мм/зуб, швидкість різання  $V = 500$  м/хв., частоту обертання шпинделя  $n = 380$  об/хв., складову силу різання  $P_z = 367$  Н, крутний момент на шпинделі  $M = 800$  Н·м та відцентрову силу – 380 рад/с.

Для чорнового фрезерування заготовки – плита розміром  $1500 \times 850 \times 700$  мм зі сталі 12Х18Н9Т ( $\sigma_b = 610$  МПа), приймаємо глибину різання  $t = 6$  мм, подачу  $S_z = 0,25$  мм/зуб, швидкість різання  $V = 135$  м/хв., частоту обертання шпинделя  $n = 100$  об/хв., складову силу різання  $P_z = 9728$  Н, крутний момент на шпинделі  $M = 21400$  Н·м та відцентрову силу – 628 рад/с.

Проведено розрахунок шпиндельного вузла, у результаті якого було визначено, як впливає процес обробки різних деталей на деформацію та переміщення шпинделя вертикально-фрезерного верстата. Отримані результати розрахунків показують, прогин переднього кінця шпинделя під час обробки деталі: з сірого чавуну СЧ21 складає 0,0012 мм; з жаропрочної сталі 12Х18Н9Т становить 0,0037 мм, а переміщення в осьовому напрямку відповідно 0,23 мм та 0,017 мм, що спричиняє відхилення положення формоутворюючих різальних елементів та негативно впливає на якісні характеристики поверхневого шару в цілому.

Застосовані методики та алгоритми розрахунків, які використані при дослідженні деформованого стану шпиндельного вузла, можуть бути застосовані для аналізу конструкцій шпиндельних вузлів інших верстатів та прогнозування вихідних характеристик оброблених поверхонь.