

Олександр Литвин, доцент

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
03056, м.Київ, пр. Перемоги, 37*

УПРАВЛІННЯ ТОЧНІСТЮ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ НЕЖОРСТКИХ ДЕТАЛЕЙ ПРИВОДІВ З ПРУЖНИМИ ЗВ'ЯЗКАМИ

Alexandr Litvin

DEPARTMENT OF PRECISION MACHINING NON-RIGID PARTS WITH ELASTIC CORDS DRIVES

The aim of research is the study of internal and external security factors that are characteristic for mechanism drives with elastic ties, taking into account the influence of these factors on the elastically deformed state of the main parts of machines and their manifestation in the occurrence of kinematic and dynamic errors of machine tool.

В машинах та механізмах приводів з пружними зв'язками для узгодження кінематики та динаміки ланок застосовують велике розмаїття нежорстких деталей, в т.ч. тонкостінних. Експлуатуються вони в важких умовах дії змінних навантажень, прискорень, вібрацій, температур. Нежорсткі деталі приводів виконують функції опорних, несучих, компенсаційних, пружно-деформуючих, ущільнюючих елементів.

Одним з важливих завдань сучасного машинобудування є зниження ваги деталей. Цю обставину диктує необхідність використання високоточних виробів з малою товщиною стінок, які в більшості випадків виконують основні функції і гарантують надійність і довговічність роботи приводів машин. Застосування таких деталей характерне як для загального машинобудування, а особливо для виробів авіаційної і ракетної техніки, космічної і військово-промислової галузі, тобто там, де мала вага є необхідною властивістю конструкції. Основні показники параметрів точності і якості поверхневого шару деталей при механічній обробці забезпечуються на останніх стадіях технологічного процесу. Як одна з основних операцій фінішної обробки є чистове точіння. Як фінішний метод обробки чистове точіння дозволяє значно виправляти початкові погрішності геометричної форми отвору і формує шорсткість поверхні з оптимальним мікрорельєфом залежно від експлуатаційних вимог деталей, що сполучаються. Проте із-за особливості тонкостінних оболонкових деталей – їх мала жорсткість, досягнення заданих конструктором вимог параметрів точності є достатньо складним технологічним завданням. Практика показала, що основними чинниками, що впливають на геометричну точність деталі при токарній обробці, є з одного боку зусилля закріплення заготовки в пристосуванні, а з іншої - тиск ріжучого інструменту на оброблювану поверхню. Окрім цього конструкція тонкостінних деталей може передбачати наявність фланців по торцях або в середній частині, виступів, вікон, зубчатих передач і так далі. Останнє приводить до нерівномірної деформації стінок і, як наслідок, до виникнення похибок обробки сумірних з допуском на обробку як в осьовому так і в поперечному перетинах.

Розмірна обробка таких деталей на технологічних операціях точіння, шліфування і інших пов'язана з прогином оброблюваних поверхонь під дією сил різання і закріплення з подальшим формуванням пов'язаних з цим похибок обробки. вказане найбільш характерний для обробки деталей силових приводів з пружними зв'язками. Важливо оцінити можливі похибки обробки на стадії технологічної підготовки виробництва.

Аналіз літературних джерел показав, що основними методами прогнозування похибок автоматизованої обробки є теорія пружності і метод скінчених елементів. Використовувані в даний час методики розрахунку трудомісткі і неточні. Відомі розрахункові залежності для визначення деформацій і переміщень в тонкостінних кільцевих деталях.

Можна визначити два підходи до розрахунку переміщень: 1) в ряді джерел характер прикладення зусилля затиску – точковий, 2) в інших (таких значно менше) враховується ширина (або кут охоплення) затискного кулачка. Конструктивно це втілюється в способи реалізації затиску тонкостінних деталей на верстаті (рис.1).

Зв'язок ваги деталі з її жорсткістю математично описується при розтягуванні – стискуванні та при згинанні:

$$Q = \frac{N\beta^2 D^2 \gamma}{\Delta l \cdot E}; \quad Q = \frac{(\frac{\rho}{3})^{\frac{1}{3}} \cdot \beta^2 \cdot D^2}{(\frac{1}{\beta} D)^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{S\gamma}{\sqrt{JE}}$$

де N – поздовжня сила, γ – густина, E – модуль пружності, P – поперечна сила, β – прогин, Δl – подовження, S – площа поперечного перетину, D – діаметр.

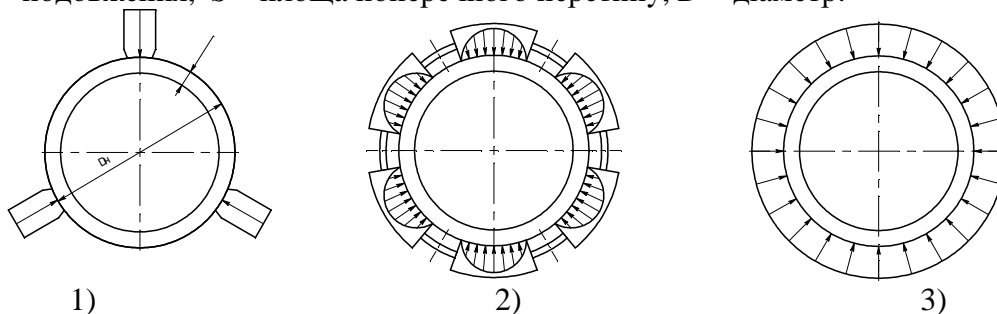


Рисунок 1. Способи затиску нежорстких деталей: 1- точковий затиск, 2- застосування широких затискних елементів, 3 – охоплення по всьому контуру

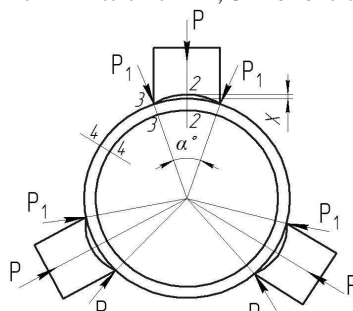


Рисунок 2. Схема закріплення тонкостінного кільця широкими кулачками, де P_1 – зусилля затиску кулачків; α° – кут охоплення кулачків; x – зазор між кулачком і кільцем; φ° – поточний кут між перетином OO і перетином $m-m$, для якого визначається переміщення.

Найбільший прогин та випучування:

$$\delta = C_1 \cdot \frac{PR^3}{2 \cos \frac{\alpha}{2} \cdot EI}$$

де C_1 – коефіцієнт, залежний від кута обхвату кулачків і перетину.

В результаті виконаних досліджень проаналізовані розрахункові залежності, отримані із різних джерел, що виражають зв'язок між деформацією δ тонкостінних деталей, кутом охоплення кулачків, зусиллями затиску при закріпленні їх в затискних пристрої, а також розраховані відповідні похибки форми, що дозволяє розрахувати зусилля затиску деталі і усунути похибки від закріплення в автоматичному затискному пристрої.

Створена комп'ютерна модель для дослідження виникаючих похибок при закріпленні тонкостінного кільця в трьохкулачковому патроні з різними кутами охоплення в програмі ANSYS. Перспективним вирішенням проблеми прогнозування похибок може стати використання методу моментних циліндрових оболонок і імітаційного моделювання. Переваги даних методів очевидні: простота математичного опису, точність розрахунку, високий ступінь автоматизації.

