



## ВПЛИВ СИСТЕМИ ЗАТИСКУ НА ПОХИБКУ ФОРМИ ПРИ ОБРОБЦІ КІЛЬЦЕВИХ ЗАГОТОВОК БАГАТОЛЕЗОВИМ САМОНАЛАГОДЖУВАЛЬНИМ ОСНАЩЕННЯМ

**Луців І.В., д.т.н., професор, Волошин В.Н., к.т.н., доцент,  
Буховець В.М., аспірант**

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

При обробці тонкостінних деталей головною проблемою є недостатня жорсткість заготовки і в цілому технологічної системи. У таких випадках прогини деталі під дією сил різання і деформації її поверхні внаслідок закріплення найчастіше співрозмірні з допуском на механічну обробку. Відповідно, досягнення заданих параметрів точності обробленої поверхні стає складним технологічним та виробничим завданням [1]. Для того, щоб похибки обробки були мінімальними, необхідно правильно вибирати методи і засоби технологічної підготовки виробництва. Вони повинні сприяти мінімізації основних похибок, які можуть виникнути на різних стадіях реалізації технологічного процесу.

Одним із таких методів є застосування багатолезового оснащення та відповідних затискних пристроїв [1], [2]. У порівнянні з однолезовою обробкою кільцевих заготовок багатолезове різання є одним із ефективних і високопродуктивних методів зменшення макро- і мікропохибок обробки та неприпустимих коливань при різанні. Проте точність форми при обробці багатолезовим інструментальним оснащенням кільцевих заготовок в значній мірі визначається параметрами затискної системи для їх базування і закріплення. Нерівномірна жорсткість затискного пристрою, що має дискретне розташування затискних елементів по контуру затиску, спричиняє зміну складових радіальних відтискань, що негативно впливає на точність форми оброблюваної поверхні. Для зменшення впливу сили затиску та досягнення необхідного допуску круглості існують стандартні шляхи вирішення цієї проблеми: розподіл затискного зусилля за рахунок збільшення числа точок його прикладання; розподіл затискного зусилля за рахунок збільшення площі контакту; регулювання затискного зусилля. Але всі ці шляхи вимагають визначення оптимального числа затискних елементів і сили затиску в кожному кутовому положенні затискних елементів для запобігання провертання деталі при забезпеченні деформації в межах допустимих значень [3].

Виходячи із вище викладеного актуальним є розробка аналітичної моделі формування похибки форми для прогнозування кінцевого профілю кільцевих деталей при точінні багатолезовим оснащенням.

Формування відхилення від форми кільцевих циліндричних деталей є наслідком таких ефектів: пружної деформації у зв'язку із дією сил затиску; деформації внаслідок дії сил різання; залишкових напружень, викликаних процесом обробки [4].

Нами запропоновано теоретичну модель формування похибки форми



кільцевих деталей, яка включає вплив сил різання при обробці багатолезовим оснащенням та сил реакції в стику між заготовкою і кулачками.

Основою моделі є теоретичні підходи до визначення деформації кільцевих заготовок при зовнішньому навантаженні силами затиску [5] (рис.1) та внутрішніми навантаженням, викликаними силами різання, що виникають при обробці багатолезовим самоналагоджувальним оснащенням (рис.2).

Так, наприклад, рівняння рівноваги при дволезовому розточуванні кільцевої заготовки (рис.2) можуть бути виражені через сили різання і сили реакції затискних елементів:

$$\sum F_x = \sum_{i=1}^n (R_{cut})_i \sin \phi_i + \sum_{i=1}^n (T_{cut})_i \cos \phi_i - F_r \sin \gamma - F_t \cos \gamma + F_r \sin(\gamma + \pi) + F_t \cos(\gamma + \pi) = 0;$$

$$\sum F_y = \sum_{i=1}^n (R_{cut})_i \cos \phi_i + \sum_{i=1}^n (T_{cut})_i \sin \phi_i - F_r \cos \gamma - F_t \sin \gamma + F_r \cos(\gamma + \pi) + F_t \sin(\gamma + \pi) = 0;$$

$$\sum M_z = -2F_t r_{in} + \sum_{i=1}^n (T_{cut})_i r_{out} = 0.$$

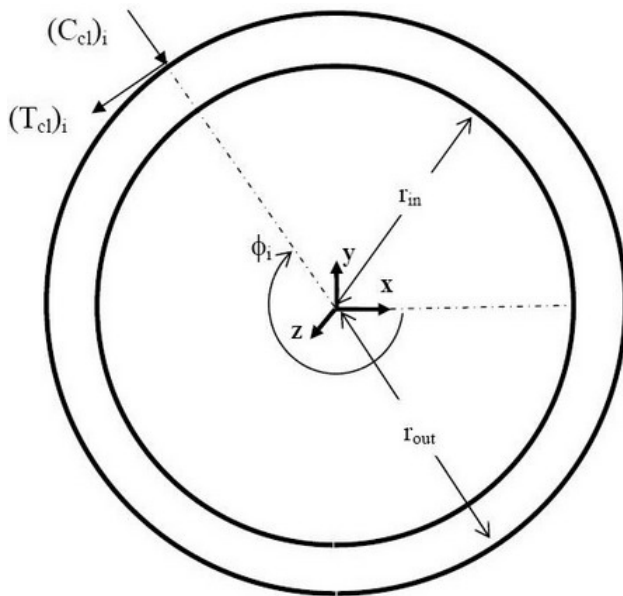


Рис. 1. Зусилля на затискному елементі при затиску кільцевої заготовки

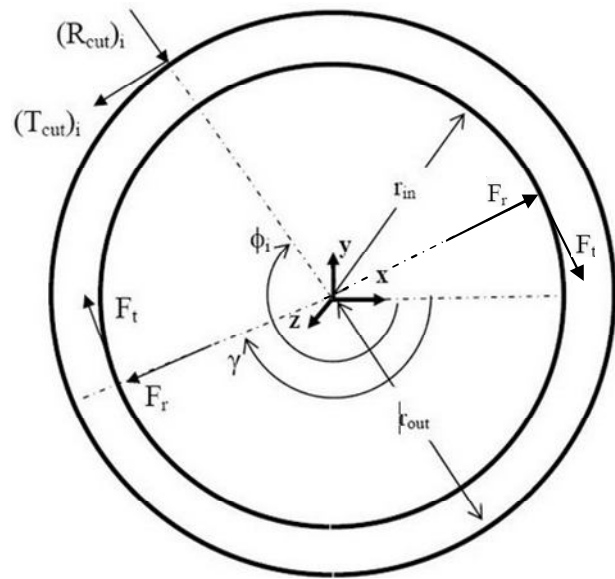


Рис. 2. Сили різання і реакції на затискних елементах, викликані ними, при дволезовому розточуванні

Дана система є статично невизначеною, тому для її розв'язку складають додаткові рівняння з використанням теореми Кастельяно для відхилень кільця під дією зайвих реакцій (рис.1). Згідно теореми Кастельяно, відхилення кільця під дією зовнішнього навантаження може бути отримано диференціацією виразу для енергії деформації деформованого кільця  $U$  з врахуванням відповідного зовнішнього навантаження:

$$\frac{\partial U}{\partial (T_{cl})_j} = 0,$$



де  $(T_{cl})_j$  – зайва сила з індексом  $j = 4, \dots, n$ ;  $U$  – енергія деформації деформованого кільця від зовнішнього навантаження  $(C_{cl})_i$  і  $(T_{cl})_i$ .

У випадку тонкої зігнутої балки визначення енергії деформації кільця під дією внутрішнього згинального моменту здійснюється за залежністю:

$$U = \int_0^{2\pi} \frac{M_{\theta}^2 r}{EI} d\theta.$$

Після того, як отримано тангенціальну реакцію  $(T_{cl})_i$ , визначається відхилення кільця при зовнішньому навантаженні  $(C_{cl})_i$  і  $(T_{cl})_i$  і кутовому розташуванні.

Аналогічним чином опісля отримуються сили реакцій  $(R_{cut})_i$  і  $(T_{cut})_i$ , після чого знаходиться відхилення кільця під зовнішнім навантаженням  $F_r$ ,  $F_t$ ,  $(R_{cut})_i$  і  $(T_{cut})_i$ .

Результатами моделювання є кінцеві профілі кільцевих циліндричних деталей при певних умовах обробки різною кількістю лез багатолезового самоналагоджувального оснащення. По кінцевому профілю після обробки багатолезовим самоналагоджувальним оснащенням і прогнозуючій моделі сил реакції затискних елементів, можна визначити мінімальне число затискних елементів та діапазон прийнятних сил затиску, що гарантує необхідний допуск круглості кільцевих циліндричних деталей, забезпечуючи їх надійний затиск під час обробки.

## Література.

1. Кузнєцов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: Монографія/ Упоряд. Кузнєцов Ю.М.. – К.: - Тернопіль: Терно-граф, 2011. – 692 с.
2. Кузнєцов Ю.Н., Драчев О.И., Луців И.В., Шевченко А.В., Волошин В.Н. Зажимные механизмы и технологическая оснастка для высокоэффективной токарной обработки: монография/ Ю.Н. Кузнєцов, О.И. Драчев, И.В. Луців [и др.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 480 с.
3. Луців І.В., Волошин В.Н., Буховець В.М. Комп'ютерне моделювання складових самоналагоджувального комплексного оснащення для токарної обробки// Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні. – 2012.– Випуск 746. – С.28 – 31.
4. Sathyanarayana S., Melkote S. Determination of Clamping Force Based on Minimization of Workpiece Elastic Deformation// Transaction of NAMRI/SME, Vol. 3, 2002, pp. 597-604.
5. Matin M., Rahman M. Analysis of the Cutting Process of a Cylindrical Workpiece Clamped by a Three Jaw Chuck// Transactions of the ASME, Vol. 110. No. 110, 1988, pp. 326-332.