

УДК 621.87

М.Г. Левкович, асист.

*Тернопільський державний технічний університет
імені Івана Пулюя*

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКТОРСЬКИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЮ ДЛЯ РОЗТОЧУВАННЯ КОНІЧНИХ ОТВОРІВ

(Представлено д.т.н., проф. Б.М. Гевком)

Виведено аналітичні залежності щодо визначення силових і конструкторських параметрів пристрою для розточування конічних отворів. Дано практичні рекомендації щодо вибору конструктивних і технологічних параметрів.

Вступ. Для сучасного вітчизняного і зарубіжного машинобудування характерне розширення номенклатури деталей машин складної геометрії, в тому числі з конічними поверхнями.

Враховуючи **останні дослідження і публікації** [1, 2, 3], встановлено, що розточування і відновлення отворів у корпусних деталях належить до самих складних і трудомістких технологічних операцій щодо точності, шорсткості, продуктивності й заміру конструктивних параметрів. При цьому необхідно забезпечити не тільки точність розмірів і форми, а також точність і співвісність положення осі оброблюваного отвору з віссю інструмента.

В літературі недостатньо уваги приділяється правильному базуванню різального інструмента відносно оброблюваної поверхні, що призводить до нерівномірності розподілу припусків на обробку.

Проблемним завданням є підвищення точності, вібростійкості при виготовленні й відновленні отворів звичайним інструментом, встановлення раціональних режимів різання. Останнє тісно пов'язано з розмірною стійкістю інструмента, точністю виготовлення конічних впадин [2]. З цього випливає, що при розточуванні конічних поверхонь не вирішено ще цілий ряд питань, які потребують подальшої реалізації. Проблемним завданням є підвищення продуктивності праці та якості оброблення, що обумовлено важкими умовами роботи, недостатньою жорсткістю різальних інструментів.

Основна частина. Робота виконується в рамках пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки «Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в промисловості, енергетиці та агропромисловому комплексі України» на 2003–2007 р.

Метою даної роботи є виведення аналітичних залежностей для розрахунку конструкторських і технологічних параметрів у процесі розточування конічних отворів.

Пристрій для розточування конусних отворів, який зображено на рис. 1, складається із шпинделя верстата 1, який є у взаємодії з направляючою втулкою 2, що жорстко вставлена в корпус 3. У центральний отвір шпинделя 1 встановлено хвостовик 4, в нижній частині якого перпендикулярно до його осі жорстко закріплено кронштейн 5 із закритим горизонтальним пазом 6 довжиною, рівною різниці максимального і мінімального радіусів конусного отвору. В закритий горизонтальний паз 6 встановлено шарнір 7 з можливістю горизонтального переміщення. З другого боку, шарнір 7 з'єднаний з розточною оправою 8, яка є у взаємодії з отвором напрямної втулки 9 і може мати осьове переміщення, яке визначається пазом 10. Для осьового направлення розточної оправи 8 у нижній її частині з правої сторони жорстко встановлена напрямна шпонка 11, яка є у взаємодії з пазом 10. На протилежному діаметрі від шпонки 11 радіально встановлено розточний різець 12, який жорстко закріплений болтом 13 для розточування конічного отвору 14 у корпусі 15. Кронштейн 5 з розточною оправою 8 встановлено у втулці 16, у нижній її частині на підшипниках 17 встановлена напрямна втулка, яка знизу жорстко закривається кришкою 18 з отвором для встановлення розточного різця 12. Зверху втулка 16 своїм фланцем 19 жорстко кріпиться до корпусу 4.

Пристрій для розточування конусних отворів працює наступним чином. Корпус 15 з попередньо виготовленим циліндричним отвором 14 установлюють на стіл вертикально-свердлильного верстата (на кресленні не позначено) таким чином, щоб його вісь співпадала з віссю хвостовика 2 і шпинделя 1, а розточний різець 12 встановлюють на необхідний розмір.

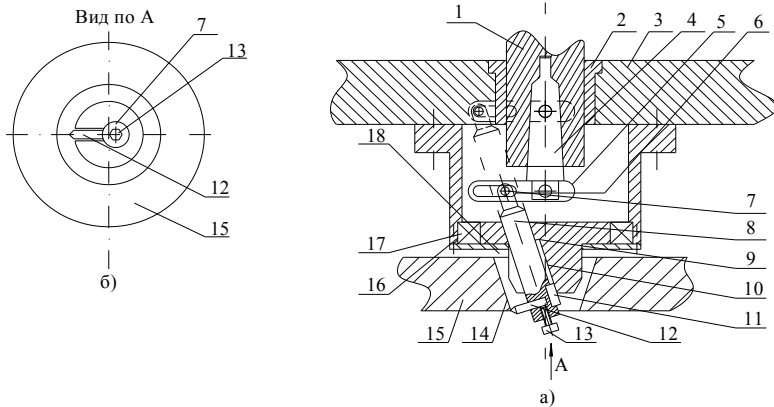


Рис. 1. Пристрій для розточування конічних отворів

Після цих підготовчих робіт включають верстат і рухом подачі вертикально вниз хвостовик 1 через кронштейн 5, шарнір 7 здійснюється розточування конічного отвору 14 з обертанням розточної оправки 8 разом з напрямною втулкою 9. Регулювання вильоту розточного різця 12 здійснюється в міру зміни конічного отвору 14. Після закінчення технологічного процесу розточування розточна оправка з розточним різцем 12 відводиться вгору над корпусом 15 і здійснюється заміна корпусу для розточування.

До переваг даного пристрою належить розширення технологічних можливостей вертикально-свердлильних і розточувальних верстатів.

Розглянемо статичну рівновагу різцетримача у процесі точіння (рис. 2). На різець діють сили різання:

P_x – в напрямку подачі;

P_y – перпендикулярно до напрямку подачі;

P_z – по швидкості різання (на схемі не показано).

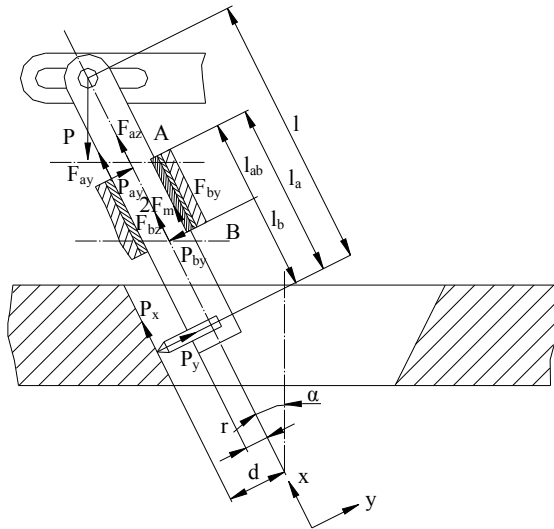


Рис. 2. Розрахункова схема взаємодії сил при розточуванні конічних отворів

Статична рівновага просторової системи сил записується у вигляді системи 6 рівнянь: 3 рівняння рівноваги проєкцій сил на 3 осі й 3 рівняння рівноваги моментів відносно тих же осей.

Направимо осі системи координат таким чином: вздовж різцетримача – вісь X , перпендикулярно поверхні точіння та осі різцетримача – вісь Y , а вісь Z направимо по дотичній до поверхні точіння у напрямку швидкості різання.

Вважатимемо, що різцетримач пересувається по напрямній втулці вільно, але майже без зазору, а від прокручування його стримує напрямний елемент у вигляді шліца або шпонки. Під дією сил різання між напрямною втулкою і різцетримачем виникають реакції, які зручно зобразити у зведеному вигляді й прикласти у крайніх точках втулки A і B . З боку подавального штока діє відповідне зусилля P , яке забезпечує осьову подачу різцетримача. Під час пересування різцетримача по втулці виникають сили тертя, які залежать від відповідних реакцій у точках A і B та у шліцьовому з'єднанні й направлені проти руху.

Метою дослідження є визначення параметрів системи, при яких відбувається процес подачі та зворотного ходу різцетримача без значного зростання зусиль на штоці чи заклинювання механізму подачі.

Рівняння рівноваги у проекції на вісь X :

$$P_x + F_{bz} + F_{by} + F_{az} + F_{ay} + 2F_m - P \cos \alpha = 0 . \quad (1)$$

Рівняння рівноваги у проекції на вісь Y :

$$P_y - P_{by} + P_{ay} - P \sin \alpha = 0 . \quad (2)$$

Рівняння рівноваги у проекції на вісь Z :

$$P_z - P_{bz} + P_{az} = 0 . \quad (3)$$

Рівняння моментів відносно осі X :

$$P_z d - 2P_m r = 0 . \quad (4)$$

Рівняння моментів відносно осі Y :

$$P_{bz} l_b - P_{az} l_a = 0 . \quad (5)$$

Рівняння моментів відносно осі Z :

$$P_{by} l_b - P_{ay} l_a + P l \sin \alpha = 0 , \quad (6)$$

де P_{ay} , P_{by} , P_{az} , P_{bz} – відповідно реакції у точках A і B у проекціях на відповідні осі;

P_m – реакція у шліцьовому з'єднанні, яка створює протидію моменту сили різання P_z ;

l – відстань між шарніром і різцем;

l_a – відстань між кінцем втулки і різцем;

l_{ab} – довжина втулки;

l_b – відстань між початком втулки і різцем;

$$\begin{aligned} F_{ay} &= \mu P_{ay} ; \\ F_{by} &= \mu P_{by} ; \\ F_{az} &= \mu P_{az} ; \text{ – сили тертя;} \\ F_{bz} &= \mu P_{bz} ; \\ F_m &= \mu P_m ; \end{aligned} \quad (7)$$

μ – коефіцієнт тертя.

Після перетворень визначимо зусилля в опорах втулки:

$$P_{az} = \frac{P_z l_b}{l_a - l_b} ; \quad (8)$$

$$P_{bz} = \frac{P_z l_a}{l_a - l_b} ; \quad (9)$$

$$P_{ay} = \frac{P_y l_b + P(l - l_b) \sin \alpha}{l_a - l_b}; \quad (10)$$

$$P_{by} = \frac{P_y l_a + P(l - l_a) \sin \alpha}{l_a - l_b}; \quad (11)$$

$$P_m = P_z \frac{d}{2r}. \quad (12)$$

Підставивши всі величини із (7)–(12) у (1), знайдемо величину зусилля, яке необхідно надати штоку, щоб забезпечити процес різання при заданих параметрах різцетримача і розточної головки:

$$P = \frac{P_x + \mu \left[(P_y + P_z) \frac{l_a + l_b}{l_a - l_b} + P_z \frac{d}{r} \right]}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha \frac{2l - (l_a + l_b)}{l_a - l_b}}. \quad (13)$$

Аналізуючи залежність (13), робимо висновок, що знаменник цього виразу може стати рівним нулю, а також і від'ємним. У цьому випадку настає заклинювання механізму. Прирівнюючи знаменник до нуля, знайдемо критичний кут заклинювання:

$$\operatorname{tg} \alpha \geq \frac{l_a - l_b}{\mu [2l - (l_a + l_b)]}. \quad (14)$$

Із виразу (14) впливає, що кут заклинювання повністю визначається геометрією розточної головки та коефіцієнтом тертя. Різке зменшення кута заклинювання, тобто погіршення технологічного процесу, в основному відбувається внаслідок двох причин – збільшення коефіцієнта тертя та зменшення довжини втулки $l_{ab} = l_a - l_b$. Із формул (8)–(11) також випливає, що зменшення ширини втулки різко збільшує реакції в опорах втулки, що спричинює збільшення осьової сили P , сил тертя та зношування поверхні втулки.

Для аналізу впливу параметрів на зусилля в системі створено програму на мові Delphi з графічним відображенням результатів. Розрахункові графіки зображено на рис. 3–4.

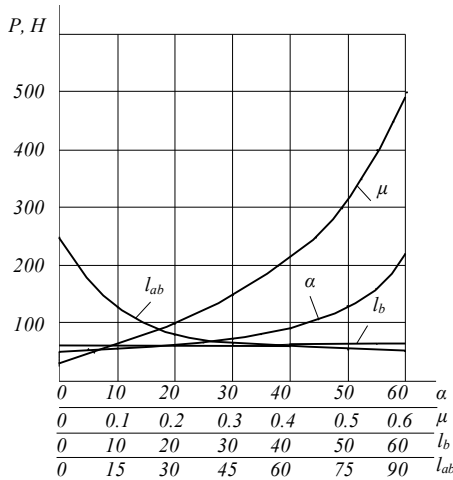


Рис. 3. Графік залежності зусилля на штоці P від: кута розкриття конуса α , коефіцієнта тертя μ , ходу різця l_b ,

довжини втулки l_{ab}

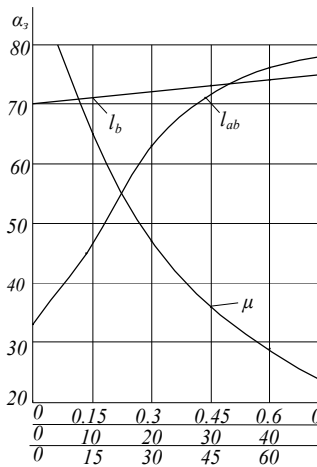


Рис. 4. Графік залежності кута заклинювання α_3 від: коефіцієнта тертя μ , ходу різця l_b , довжини втулки l_{ab}

Аналіз графічних залежностей дає можливість оптимально вибрати параметри різцетримача та розточної головки, щоб зменшити зусилля на штоці та уникнути заклинювання.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Линчевский П.А., Джузурян Т.Г., Оргиян О.А.* Обработка деталей на обрбно-расточных станках / Под ред. П.А. Линчевского. – К.: Техника, 2003. – 300 с.
2. *Смирнов В.К.* Токарь-расточник. – М.: Высшая школа, 1982. – 239 с.
3. *Лакирев С.Г.* Обработка отверстий: Справочник. – М.: Машиностроение, 1984. – 208 с.
4. Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки // Под ред. Петрухи. – М.: Машиностроение, 1974. – 616 с.
5. Деклараційний патент України № 66165, МПК В23В5/14 Пристрій для розточування конусних отворів / М.Г. Левкович. – № 2003087463; Заявл. 07.08.2003; Опубл. 15.04.2004, Бюл. № 4. – 2 с.

ЛЕВКОВИЧ Михайло Геннадійович – асистент Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя.

Наукові інтереси:

– технологія машинобудування.

Подано 22.06.2007