

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ РОЗТОЧНИХ ГОЛОВОК КІЛЬЦЕВИХ КАНАВОК

*Встановлено параметри технологічних процесів і розточних голівок при розточуванні кільцевих канавок розточними механізмами байонетний паз-еліпс і зубчастої передачі зубчасте колесо-рейка. Дано практичні рекомендації для виробництва.*

### Умовні позначення

- $\alpha$  – кут підйому спіралі (байонетного пазу), град;  
 $a$  і  $b$  – параметри еліпса;  
 $S_{ш}$  – подача шпинделя верстата;  
 $\beta$  – кут повороту оправки;  
 $D$  – діаметр оправки з байонетним пазом;  
 $KS$  – змінний за величиною в процесі розточування;  
 $m$  – модуль зубчастої рейки;  
 $z$  – кількість зубів шестерні;  
 $KS=const$  за довжиною ходу різців;  
 $C_V$  - коефіцієнт;  
 $T$  - стійкість різця, хв.;  $T=30-60$  хв.;  
 $m, y$  - показники степені;  
 $K_V$  - поправочний коефіцієнт швидкості.

В сучасному машинобудуванні важливе місце посідає проблема пов'язана з розточуванням і відновленням кільцевих канавок (КК) осьових стопорних механізмів, які мають широке застосування як у загальному, так і в галузевому машинобудуванні і здатні сприймати осьове навантаження в значних межах. Ця проблема є частиною науково-технічної програми відповідно до координаційного плану Комітету з питань науки і техніки Міністерства освіти та науки України з розділу “Машинобудування”, “Високотехнологічні процеси в машинобудуванні” на 2002-2005 роки.

Основною характеристикою перетворення осьової подачі шпинделя верстата в радіальну подачу різців в розточних голівках (РГ) в процесі розточування КК за допомогою певних проміжних механізмів передачі руху є коефіцієнт подачі, який характеризуються невідповідністю величини подачі різця щодо величини подачі шпинделя верстата.

Крім цього, якщо подача верстата має певне встановлене значення, то подача різця у багатьох випадках є величиною змінною за глибиною розточуваної канавки.

В літературі мало уваги приділяється питанню ефективного розточування КК в отворах корпусних деталей, що обтяжує якісне вирішення питань як в економічному, так і в технологічному плані [1, 2, 3].

Проблемним завданням є підвищення технологічності праці та якості технологічних процесів, що зумовлено важкими умовами роботи, недостатньою жорсткістю ріжучих інструментів і, відповідно, точністю.

Метою даної роботи є встановлення співвідношення величини подачі шпинделя до величини подачі радіальних різців розточних механізмів байонетний паз-еліпс і зубчастої передачі - зубчасте колесо-рейка.

Для характеристики РГ введемо новий коефіцієнт співвідношення подач  $K_S$ , величина якого дорівнює відношенню подачі різця  $S_p$  до подачі шпинделя верстату  $S_{ш}$ , тобто:

$$K_s = \frac{S_p}{S_u} \text{ або } S_p = K_s \cdot S_u. \quad (1)$$

Технологічно доцільнішим є забезпечення  $K_s = \frac{S_p}{S_u} < 1$ , що дає можливість застосування раціональних подач різця в діапазоні  $S_p=0,03-0,08$  мм/об., в той час коли мінімальні подачі шпинделя верстата не завжди в даному діапазоні можна забезпечити.

Крім цього, двохрізцеві РГ характерні тим, що величина подачі на один оберт шпинделя розподіляється на обидва різці, тобто це передбачає збільшення величини подачі в два рази. Отже, діапазон раціональних подач РГ становить  $S_p=0,06-0,16$  мм/об.

В РГ даної конструкції радіальна подача різців для розточування КК здійснюється поворотом оправки з байонезним пазом, що передає рух подачі на вставку і державку різця з елементами еліпсного спряження. Схема виконання даних конструктивних елементів наведена на рис. 1.

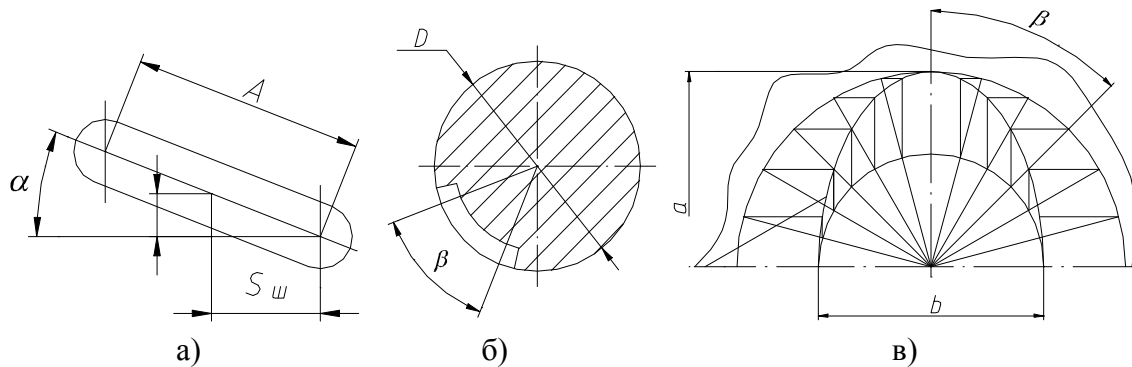


Рис. 1. Схема виконання конструктивних елементів РГ:  
а) розгортка байонетного паза; б) січення оправки з байонетним пазом;  
в) схема виконання еліпсної передачі на державці різця

У відповідності до [1] кут повороту оправки  $\beta$  при виконанні паза в оправці діаметром  $D$ , що дорівнює:

$$\beta = 114,592 \cdot \frac{A}{D} \cos \alpha. \quad (2)$$

Для подачі шпинделя верстата  $S_u$  кут повороту оправки за один оберт шпинделя  $\beta_s$  буде дорівнювати аналогічно (2).

$$\beta_s = 114,592 \cdot \frac{S_u}{\cos \alpha \cdot D} \cdot \cos \alpha = 114,592 \cdot \frac{S_u}{D}. \quad (3)$$

Поворот оправки з байонетним пазом на кут  $\beta_s$  відповідно повертає вставку, що контактує з еліпсною поверхнею державки різця, на кут  $\beta_s$ .

У цьому випадку подачу різця  $S_p$  можна вирахувати за залежністю:

$$S_p = \frac{a-b}{2} \cdot [\sin(\beta + \beta_s) - \sin \beta]. \quad (4)$$

Коефіцієнт співвідношення подач РГ з передачею байонетний паз-еліпс, який є характеристикою даної конструкції використовуючи формули (4) і (5), визначається залежністю:

$$K_s = \frac{S_p}{S_u} = \frac{a-b}{2 \cdot S_u} \cdot [\sin(\beta + \beta_s) - \sin \beta] = \frac{a-b}{2 \cdot S_u} \cdot \left[ \sin \left( \beta + 114,592 \cdot \frac{S_u}{D} \right) - \sin \beta \right]. \quad (5)$$

Радіальне переміщення різців в РГ можна визначити за залежністю:

$$r = \frac{a-b}{2} \cdot \sin \beta. \quad (6)$$

Як видно із залежності (6), коефіцієнт співвідношення подач  $K_S$  є величиною змінною в процесі розточування кільцевої канавки і, відповідно, змінною є величина подачі різця  $S_p$ .

Характер зміни коефіцієнта співвідношення подач в межах величини байонетного пазу  $\beta=0-90^\circ$ , кута підйому спіралі байонетного пазу  $\alpha=35^\circ$ , діаметра оправки з байонетним пазом  $D=30$  мм, елементів еліпсної подачі  $a=12$  мм,  $b=7$  мм., на довжині радіального переміщення різця  $r = \frac{12-7}{2} \cdot 1 = 2,5$  мм для подачі шпинделя  $S_{ш}=0,1$  мм/об для РГ з передачею байонетний паз-еліпс показаний на рис. 2. Як видно із графічних кривих, найбільш раціональною величиною використання кута байонетного пазу в РГ є  $\beta=55-60^\circ$ . Збільшення кута до  $\beta=90^\circ$  майже не впливає на глибину розточування, крім цього подача різців у цьому діапазоні ( $60^\circ < \beta < 90^\circ$ ) різко падає до мінімальних (нульових) значень. Цей діапазон можна використовувати для точних розточувань кільцевих отворів з доведенням розміру при порівняно великих подачах шпинделя верстата.

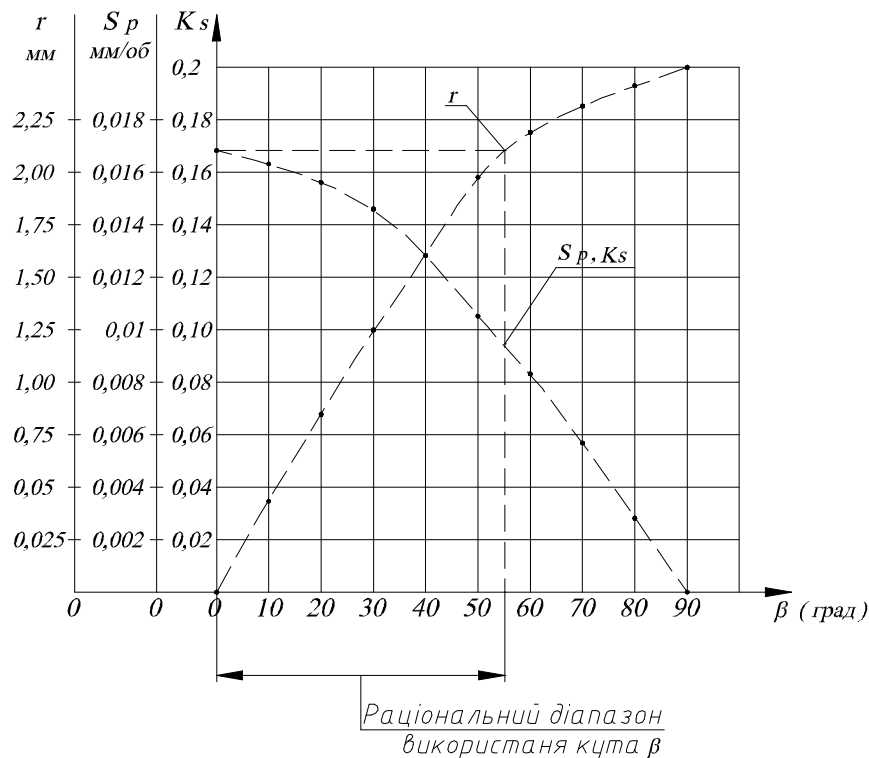


Рис. 2. Характер зміни коефіцієнта співвідношення подач  $K_S$ , подачі різця  $S_p$  і глибини розточування  $r$  від величини кута байонетного пазу  $\beta$

Найбільш оптимальними подачами різця для розточування кільцевих канавок є  $S_p=0,03-0,08$  мм/об, а необхідний діапазон подач шпинделя, який забезпечує вказані подачі різця, виходячи з залежності  $S_{ш} = \frac{S_p}{K_S}$  в діапазоні кута  $\beta=60^\circ$ . Граничні подачі шпинделя для РГ конструкції байонетний паз-еліпс з вихідними даними  $a=12$  мм;  $b=7$  мм;  $\alpha=35^\circ$  оптимальними подачами шпинделя є  $S_{ш}=0,47-0,18$  мм/об.

Попередньо встановлено, що

$$\beta_S = 114,592 \frac{S_{ш}}{D}. \quad (7)$$

В результаті проведених досліджень конструкцій РГ з різними розточними механізмами встановлені їх характеристики, які занесені в таблицю 1.

Поворот оправки з байонетним пазом на кут  $\beta_s$ , який відповідає величині подачі шпинделя верстата  $S_{ш}$ , повертає зубчасту вставку, яка приводить в рух зубчасту рейку з різцями на величину  $S_p$ .

Відповідно

$$S_p = \frac{\pi \cdot m \cdot z \cdot \beta_s}{360} = 114,592 \cdot \frac{S_{ш} \cdot m \cdot z \cdot \pi}{D \cdot 360}, \quad (8)$$

$$K_s = \frac{S_p}{S_{ш}} = \frac{114,592 \cdot S_{ш} \cdot m \cdot z}{D \cdot 360 \cdot S_{ш}} = \frac{114,592 \cdot m \cdot z \cdot \pi}{360 \cdot D}. \quad (9)$$

Таблиця 1

Характеристики різних конструкцій РГ

№ п/п	Конструкція РГ (Патенти України)	Відмінності конструкції	Коефіцієнт співвідношення подач $K_s = \frac{S_p}{S_{ш}}$ і його характеристика
1	43097А Бюл. №10 2001	Подача різців кутовими шарнірними ланками	$K_s = \frac{\sin \alpha' - \sin \alpha}{\cos \alpha - \cos \alpha'}$ , де $\alpha$ і $\alpha'$ початкова і наступна величина кута нахилу шарнірної ланки
2	49471А Бюл. №9 2002	Подача різців елементами вісь-косий паз	$K_s = \operatorname{tg} \alpha$ , де $\alpha$ – кут нахилу косого паза державки різця. $K_s = \operatorname{const}$ , по всій довжині ходу різців.
3	52117А Бюл. №12 2002	Подача різців передачею байонетний паз-еліпс	$K_s = \frac{a-b}{2S_{ш}} \cdot \left[ \sin \left( \beta + 114,592 \frac{S_{ш}}{D} \right) - \sin \beta \right]$ .
4	49289А Бюл. №9 2002	Подача різців передачею байонетний паз – зубчаста рейка	$K_s = \frac{114,592 \cdot \pi \cdot m \cdot z}{360 \cdot D}$ .

Результати практичних обчислень визначених величин для різних кутів нахилу косого пазу в діапазоні доцільних параметрів РГ (табл. 1, п.2) наведені на рис. 3.

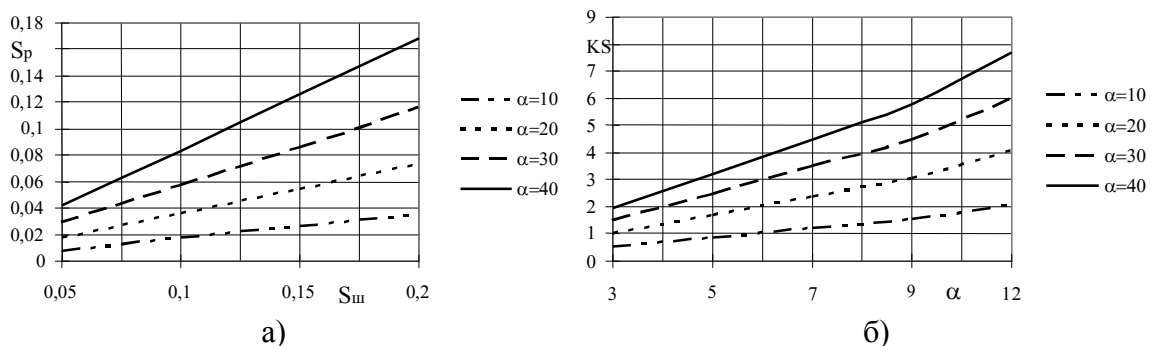


Рис. 3. Залежність подачі різця від подачі шпинделя (а) і ходу різців від величини паза (б) для різних кутів нахилу косого паза

Подачу для оброблення внутрішніх кільцевих канавок вибирають, виходячи із жорсткості системи ВПД, міцності різця і державки, шорсткості обробленої поверхні.

Швидкість різання можна визначити за формулою

$$V = \frac{C_V}{T^m S^y} K_V.$$

В процесі розточування КК вплив на міцність різця переважаюче значення має тангенціальна складова сили різання  $P_z$ .

Величина складової  $P_z$  визначається за залежністю:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

де  $C_p, x, y, n$  - коефіцієнт і показники степеня;

$t$  - довжина леза різання;

$K_p$  - поправний коефіцієнт.

Величина складової  $P_z$  при нарізанні КК (враховуючи показник степеня швидкості різання  $n = 0$ ) не залежить від швидкості різання і прямо пропорційна зміні подачі (враховуючи показник  $y = 1,0$ ). Тобто з врахуванням величин коефіцієнтів для сталі:  $P_z = 2346,5ts$ ; для чавуну:  $P_z = 1706,4ts$ . Аналіз шорсткості оброблення із зміною подачі проведемо за емпіричною залежністю

$$Ra = 16,2 \frac{s^{0,51} \cdot V^{0,03} \cdot j_{cm}^{0,04}}{10^{0,04} \cdot t^{0,08} \cdot \rho^{0,2} \cdot \alpha^{0,34} (50 + \gamma)^{0,35}}.$$

Оптимальні межі подач  $S = 0,04 - 0,09$  мм/об. забезпечують шорсткість оброблення  $Ra = 2,59 - 4,12$ .

Встановлено, що величина коефіцієнта співвідношення подач  $K_S$  є постійною величиною для певної конструкції РГ і величина подачі різця  $S_p$  теж є величиною постійною протягом часу розточування кільцевої канавки і залежить від конструктивних параметрів байонетного паза і рейкової передачі РГ з параметрами зубчастого зачеплення:  $m=1$ мм;  $z=10$ ;  $D=30$ мм. Граничні оптимальні подачі шпинделя для такої конструкції РГ і становитимуть  $S_{\text{ш}} = 0,09 - 0,24$  мм/об. Оптимальна розрахункова швидкість різання РГ складає для сталі:  $V=51,6-55,7$  м/хв; для чавуну  $V=53,1-74,6$  м/хв.

На основі проведених досліджень можна зробити наступні **висновки**:

1. Виведено аналітичні залежності для визначення ходу радіальних різців від величини подачі шпинделя для розточних механізмів байонетний паз-еліпс і зубчастої рейкової передачі.
2. Встановлено радіальні параметри режимів різання для точного – чистового і продуктивного – чорнового розточування.
3. Приведено характеристики РГ чотирьох типів, які доцільно використовувати при розточуванні КК з визначенням коефіцієнтів подачі різців в залежності від величини подачі шпинделів.
4. Виведено аналітичні залежності для визначення сил різання і швидкостей розточування і дано практичні рекомендації.

*Parameters of technological processes and boring heads are defined at recessing circular slots by boring mechanisms: bayonet joint a slot - an ellipse and a gear - a cog-wheel-rod.*

### Література

1. Линчевский П.А., Джугурян Т.Г., Оргиян О.А. Обработка деталей на обробно-расточных станках / Под редакцией Линчевского П.А.- К.: Техника, 2003. - 300 с.
2. Смирнов В.К. Токарь - розточник. – М.: Высшая школа, 1982. – 239 с.
3. Остафьев В.А., Пономаренко А.Ф. Обработка точных отверстий в приборостроении. – К.: Техника, 1972. – 137 с.
4. Пат. № 52117А, Україна. Пристрій для розточування кільцевих канавок в отворах корпусних деталей. Матвійчук А.В., Гевко І.Б. Бюл. №12, 16.02.2002 р.
5. Пат. № 49471А, Україна. Пристрій для розточування кільцевих канавок в отворах деталей. Гевко І.Б. Бюл. №9, 16.02. 2002 р.

Одержано 17.11.2004 р.