

# МАШИНОБУДУВАННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ТА ПРОЦЕСИ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

## MANUFACTURING ENGINEERING AND AUTOMATED PROCESSES

УДК 621.86.

**Б. Гевко, докт. техн. наук; Іг. Гевко, канд. техн. наук**

*Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя*

### ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ГОЛОВОК ДЛЯ РОЗТОЧУВАННЯ ВНУТРІШНІХ КІЛЬЦЕВИХ КАНАВКОК

*Наведено методику проектування головок для розточування внутрішніх кільцевих канавок. При цьому визначені силові і технологічні параметри технологічних процесів розточування.*

**B. Gevko; Ig. Gevko**

### BASES OF PLANNING TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR CHISEL OUT RECIRCULATING GOUGES IN HOLES

*Technological equipment for chisel out recirculating gouges in holes of body details. Designs of heads is brought Removing analytical dependencies for determination of radial moves of incisors depending on values circular and axial moving  $t$  he spindle.*

#### **Умовні позначення**

$a, b$  – відповідно велика і мала піввісі еліпсної оправки;  
 $\alpha$  – кут підйому розтискних елементів;  
 $A$  – величина розгортки нахилоного паза при його провороті на кут підйому;  
 $H$  – величина осьового переміщення оправки;  
 $c$  – довжина верхнього важеля;  
 $D$  і  $d$  – відповідно зовнішній діаметр канавки і розточної оправки;  
 $r$  – радіус отвору канавки;  
 $l$  – радіальне переміщення різців на глибину різання;  
 $t, e$  – величина ексцентриситету;  
 $h$  – глибина канавки;  
 $\beta$  – кут повороту оправки відносно втулки;  
 $D$  – діаметр оправки, на якому виконано спіральний нахилений паз;  
 $d$  – середній діаметр зубчатого зачеплення;  
 $P_Z, P_N$  – складові сили різання;  
 $T$  – кругний момент;  
 $C_p$  – коефіцієнт складової сили різання;  
 $x_p, y_p$  – показники степенів;  
 $K_p$  – коефіцієнт, який залежить від матеріалу заготовок;  
 $S_y, Z^x, V^n$  – відповідно подача, глибина і швидкість різання;  
 $K_s$  – коефіцієнт співвідношення подач шпинделя і різців.

Розточування кільцевих канавок закритого типу є досить складною проблемою в порівнянні з виготовленням звичайних отворів. Одним із шляхів підвищення точності і якості кільцевих канавок в оброблюваних отворах є використання двох або більше розточних різців в розточних головках. Останнє тісно пов'язане з розмірною стійкістю

інструмента, точністю, собівартістю і продуктивністю оброблення отворів [1,2,3]. Однак цілий ряд питань необхідно вирішити.

Робота виконується згідно з координаційним планом комітету з питань науки і техніки України, розділ “Машинобудування”, “Високопродуктивні технології і процеси в машинобудуванні” на 2002-2006 роки.

Метою даної роботи є розроблення та обґрунтування конструктивних параметрів високоточних і високопродуктивних багаторізцевих розточних головок.

Вибір тої чи іншої схеми розточування залежить від типу виробництва, величини глибини канавки, наявності обладнання, габаритних розмірів оброблюваної деталі і діаметра отвору, в якому буде проходити розточування кільця, та інше.

Дворізцеву головку для розточування кільцевих канавок в корпусних деталях з різними конструктивними варіантами взаємозв'язку оправка-різець зображено на рисунку 1.

Перший варіант головки з рейковим розточним механізмом складається з оправки 2, верхня конусна частина, якою кріпиться до шпинделя верстату. На нижній частині оправки, з можливістю осевого переміщення, встановлена втулка 3, яка верхнім торцем контактує з пружиною стискування 8, яка зверху є в контакт з гайкою і контргайкою 9, які нагвинчені на верхній кінець циліндричної частини оправки - хвостовик.

На різбову частину оправки нагвинчені дві гайки 6, між якими встановлена втулка 4. В останню вкручені рівномірно по колу три гвинти 5, які взаємодіють з байонетним пазом 17, положення яких в пазу 7 оправки 1 і втулки 4 визначає величину переміщення різців 11, які розміщені в нижній частині втулки 2 в радіальних пазах рейки 12. На протилежних від різців сторонах рейки нанесено зубчасте зачеплення у вигляді рейки з модулем  $m=1$  мм і кількістю зубців 10. Зубці обох рейок входять в зачеплення з зубчастим колесом 10, яке жорстко кріпиться на оправці 2 за допомогою гвинта 14.

Робота головки для розточування кільцевих канавок здійснюється наступним чином. Головку встановлюють в шпиндель вертикально-свердлильного, вертикально - або горизонтально-фрезерного верстату, нижня частина якого встановлюється в отвір корпусу 1, в якому необхідно розточити кільцеву канавку. Центрування пристрою в отворі корпусу здійснюється за допомогою центрувального корпусу 15, а зміщення кільцевої канавки від торця корпусу регулюється товщиною шайби 13, хвостовик відносно втулки 3 знаходиться у верхньому крайньому положенні. Після цих підготовчих робіт включають верстат і опускають хвостовик вниз, стискаючи пружину 8. При цьому оправка 2 повертається і забезпечує взаємодію гвинта 5 з байонетним пазом 17, повертається зубчасте колесо 10, діє на зубчасті рейки 12, при цьому різці 11 розтискаються і розточують кільцеву канавку в корпусі 1. Глибина розточування регулюється величиною опускання хвостовика 2, а величина ходу останнього регулюється величиною відносного ходу хвостовика і втулки за допомогою гайок 6 і пазами 7 оправки з гвинтами 5. Стружка просипається через зазор 16 між корпусом 15 і нижньою частиною втулки 3 по внутрішньому отвору.

Після закінчення розточування кільцевої канавки хвостовик під дією пружини 8 піднімається вгору, при цьому він діє на зубчасте колесо 10 і рейки 12, через байонетні пази 17, які відводять різці у вихідне положення. Після завершення технологічного процесу розточування головку переставляють на інший отвір для наступного розточування.

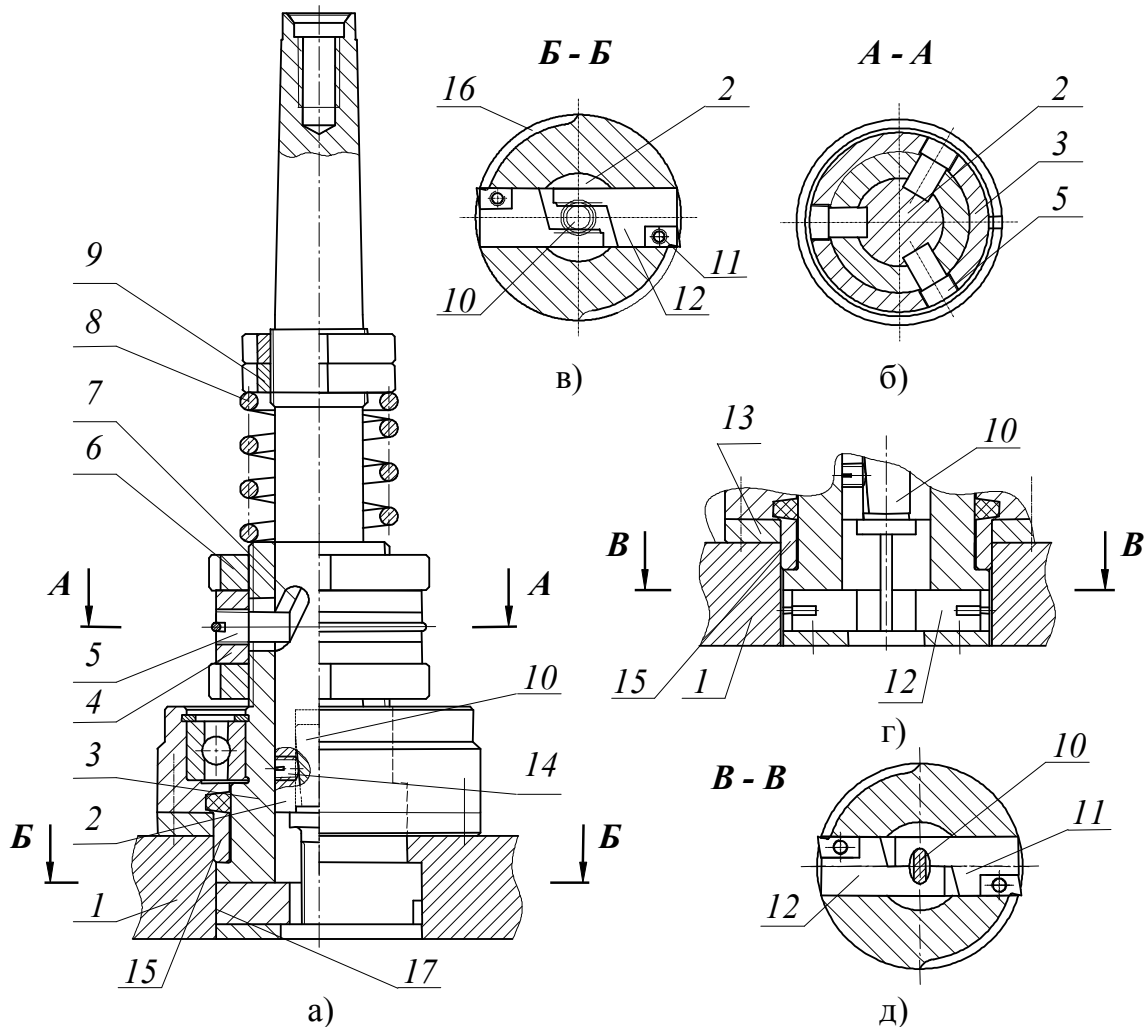


Рисунок 1 - Головка для розточування кільцевих канавок в отворах корпусних деталей з використанням кінематичних зв'язків оправка-різець з'єднань: а, б) рейкове; в, г) кулачкове.

Ширина кільцевої канавки визначається шириною ріжучої кромки різця. Глибина розточування регулюється величиною кутового ходу хвостовика 2 пазом втулки 4 і залежить від кута підйому спіралі  $\alpha$  байонетного пазу 7, виконаного на передній частині оправки 2.

В таблиці 1 наведено багатоваріантні схеми розтискних механізмів розточних головок (РГ), аналітичні залежності для визначення кінетичних і технологічних параметрів.

За базову конструкцію РГ взята конструкція, зображена на рис. 1.

На рисунку 2 зображено експериментальну установку для дослідження технологічного процесу розточування кільцевих канавок:

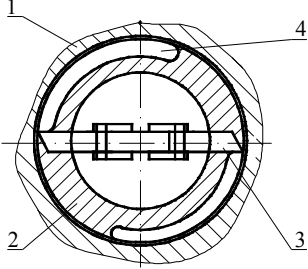
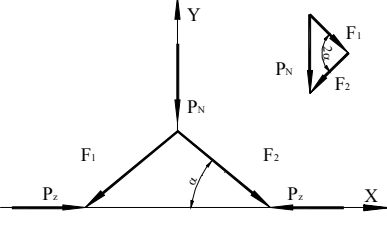
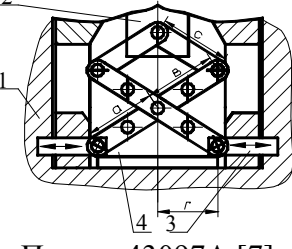
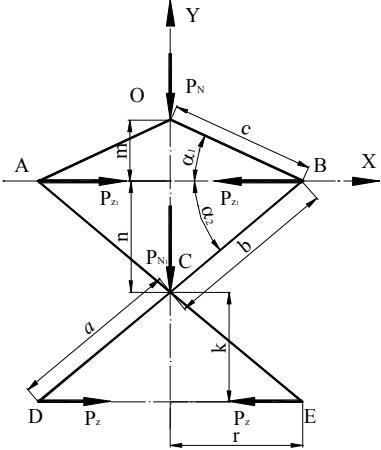
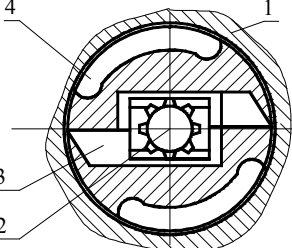
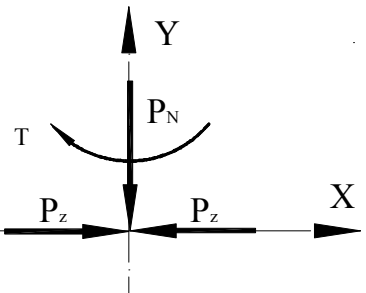
1 – РГ з шарнірним розточним механізмом і механізмом палець – косий паз; 2 – заготовка; 3 – стіл свердлильного верстату; 4 – РГ з розточним механізмом зубчасте колесо – рейка і байонетний паз – еліпс; 5 – заготовка; 6 – пристрій для вимірювання тангенційної сили різання; 7 – шпиндель свердлильного верстату; 8 – провід від пристрою до тензостанції.

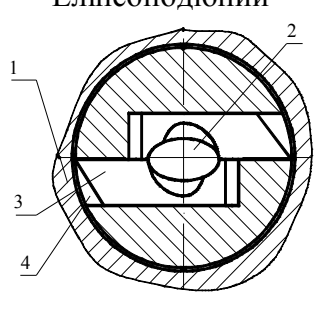
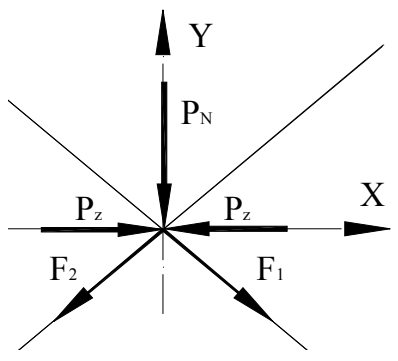
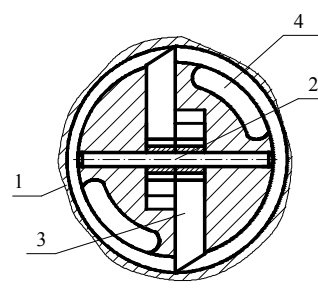
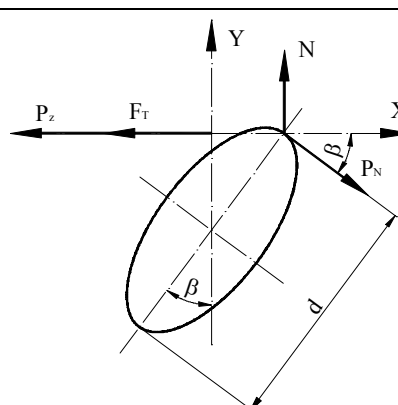
Силу різання, можна визначити за відомою залежністю [1]:

$$P_Z = 2 \cdot 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P, \quad (1)$$

де  $K_P$  - коефіцієнт, який залежить від матеріалу заготовки, стану її поверхні, матеріалу інструменту та геометричних параметрів різця.

Таблиця 1 - Схеми розточних головок з визначенням сил різання і конструктивних параметрів

№ п/п	Схеми механізмів розтиску розточних різців	Схема дії сил	Силкові і конструктивні параметри
1	2	3	4
1	<p style="text-align: center;"><b>Шарнірний</b></p>  <p style="text-align: center;">Патент 53991А [8]</p>		$P_N = F_1 + F_2 \quad F_1 = F_2 = F$ $P_N = 2F^2 - 2F^2 \cos 2\alpha$ $P_N = F\sqrt{2(1 - \cos 2\alpha)}$ $P_N = F\sqrt{4 \sin^2 \alpha} = 2F \sin \alpha$ $OX: P_z = F \cos \alpha \quad P_N = 2P_z \operatorname{tg} \alpha$ $P_z = \frac{P_N}{2} \operatorname{ctg} \alpha \quad l = H \cdot \operatorname{ctg} \alpha$ $K_S = \frac{\sin \alpha' - \sin \alpha}{\cos \alpha - \cos \alpha'}$
2	<p style="text-align: center;"><b>Ромбічно-шарнірний</b></p>  <p style="text-align: center;">Патент 43097А [7]</p>		$H = \sqrt{c^2 - \left(\frac{r \cdot b}{a}\right)^2} - \sqrt{c^2 - (r+l)^2} \cdot \left(\frac{b}{a}\right)^2 + \left(1 + \frac{b}{a}\right) \cdot \left(\sqrt{a^2 - r^2} - \sqrt{a^2 - (r+l)^2}\right)$ $P_N = 2P_{z1} \operatorname{tg} \alpha_1 = 2P_{z1} \frac{m}{2}$ $2P_{z1} = P_{N1} \operatorname{ctg} \alpha_2 = P_{N1} \frac{2}{n}$ $P_N = P_{N1} \frac{m}{n}$ $P_{N1} = 2P_z \operatorname{tg} \alpha_3 = 2P_z \frac{k}{r}$ $P_N = 2P_z \frac{km}{rn}$ <p>де <math>m = \sqrt{c^2 - r^2}</math>; <math>n = \sqrt{b^2 - r^2}</math>;  <math>k = \sqrt{a^2 - r^2}</math>.</p> $K_S = \frac{\sin \alpha' - \sin \alpha}{\cos \alpha - \cos \alpha'}$
3	<p style="text-align: center;"><b>Рейковий</b></p>  <p style="text-align: center;">Патент 49289А [11]</p>		$l = d \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right);$ $\beta = \frac{114,599 \cdot h \cdot \cos^2 \alpha}{D \cdot \sin \alpha}$ $T = P_z d$ $K_S = \frac{114,592 \cdot \pi \cdot m \cdot z}{360 \cdot D}$

1	2	3	4
4	<p>Еліпсоподібний</p>  <p>Патент 52117А [10]</p>		$l = ab \sqrt{\frac{1}{b^2 + (a \cdot \operatorname{tg} \beta)^2}};$ $\beta = \frac{114,599 \cdot A \cdot \cos \alpha}{D}$ $P_N = 2P_z \operatorname{tg} \alpha$ $T = P_z \cdot d$ $K_S = \frac{a-b}{2S_u} \cdot \left[ \sin \left( \beta + 114,592 \frac{S_u}{D} \right) - \sin \beta \right]$
5	<p>Нахиленими пазами</p>  <p>Патент 49471А [9]</p>		$H = l \cdot \operatorname{ctg} \alpha$ $OX : P_z + F_T = P_N \cos \beta$ $OY : N P_N \sin \beta .$ $P_z = P_N \cos \beta - \mu P_N \sin \beta$ $P_z = \frac{T}{d} (\cos \beta - \mu \sin \beta)$ $T = P_N d$ $K_S = \operatorname{const}$
<p><math>S = 0,03 - 0,08</math> мм/об; <math>V = 51,6 - 55,7</math> м/хв. – сталь, <math>V = 53,1 - 74,6</math> м/хв. – чавун.                      1 – корпус; 2 – оправка; 3 – ріжучий інструмент; 4 – отвори для виходу стружки.</p>			

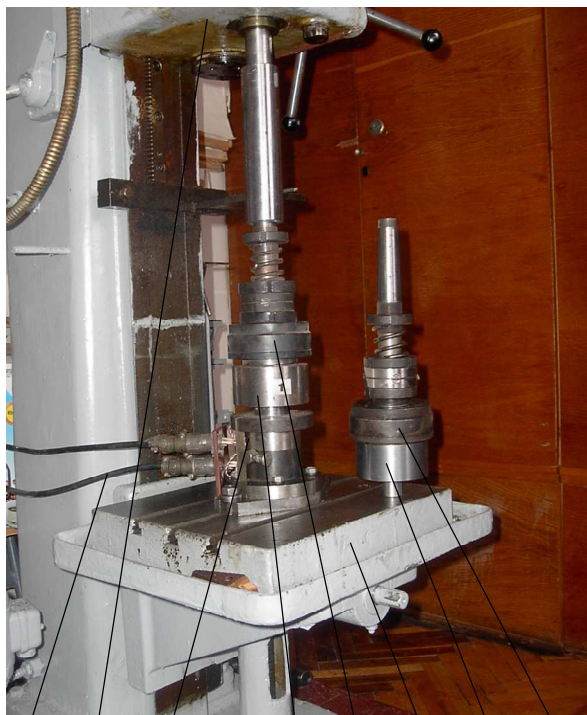


Рисунок 4 – Експериментальна установка для розточування кільцевих канавок в отворах корпусних деталей.

В результаті експериментальних досліджень визначено показники степенів для оброблення заготовок із відповідно для Сталі 35:  $x_p = 1,1$ ;  $y_p = 1,052$ , а при обробленні чавунних заготовок СЧ-18:  $x_p = 1,12$ ;  $y_p = 1,048$ .

Для визначення коефіцієнтів  $C_p$  використовуємо залежність:

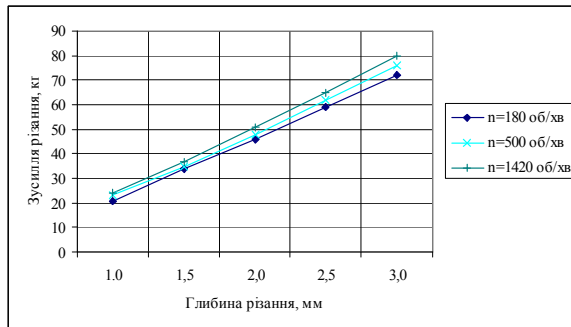
$$C_p = \frac{P_z}{2 \cdot 10 \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p}}. \quad (2)$$

В результаті експериментальних досліджень встановлено значення коефіцієнта  $C_p$  відповідно: для Сталі 35  $C_p = 218$ , і чавуну СЧ-18  $C_p = 139$ .

В ході експерименту змінювався матеріал оброблюваної деталі – Сталь 35 і Чавун СЧ-18, діаметри розточування склали 72 і

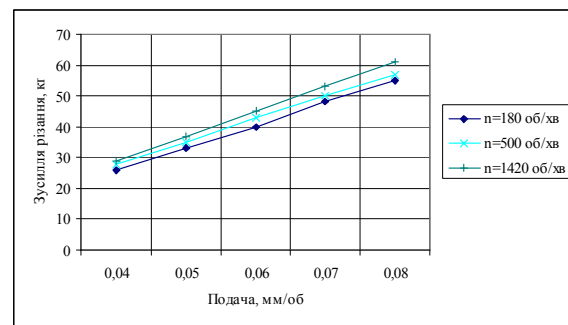
90 мм. Для кожного із незмінних факторів експеримент проводився не менше 10 разів, після чого визначалося середнє значення результату, яке і використовувалося для подальшої обробки результатів.

Графічні залежності зусилля розточування від глибини різання при розточуванні КК для стопорних кілець  $\varnothing 72$  мм у заготовках із сталі зображено на рисунку 3а, а залежність зусилля розточування від подачі для чавуну СЧ-18 – на рис.3б.



а)

Матеріал заготовки – Сталь 35



б)

чавун СЧ-18

Рисунок 3 – Залежність зусилля різання від глибини різання для сталі Ст3 і величини радіальної подачі. Діаметр канавки  $\varnothing 72$  мм.

З рисунків видно, що із збільшенням величини подачі і глибини різання зусилля, необхідне для розточування кільцевих канавок збільшується.

В результаті експериментальних досліджень та проведеного аналізу конструкцій розточних головок та їх елементів можна зробити наступні висновки:

а) описані конструкції головок забезпечують виконання технологічного процесу при різних діаметрах оброблюваних кільцевих канавок в отворах з мінімальними матеріальними та енергетичними витратами;

б) запропоновані конструкції забезпечують точне базування головок в отворах, що відповідно створює рівномірний розподіл припуску при обробленні і підвищує стійкість інструментів;

в) наведено практичні рекомендації щодо проектування розточних головок і режимів їх роботи з різними розточними механізмами.

### Література

1. Лінчевський П.А., Джурян Т.Г., Ергіян О.А. Обработка деталей на оброчно-розточних верстатах. Під ред. П.А. Лінчевського. - Техніка, 2000. - 300 с.
2. Еремова Н.М. Обработка отверстий в деталях из серого чугуна. - Машиностроение, 1961. - 126 с.
3. Смирнов В.К. Токар-расточник. - М.: Высшая школа, 1982. - 239 с.
4. Остафьев В.А., Пономаренко А.И. Обработка точных отверстий в приборостроении. - К.:Техніка, 1972. - 137 с.
5. Хомогорцев Ю.П. Оптимизация процессов обработки отверстий. - М.: Машиностроение, 1984. - 189 с.
6. Матвійчук А.В., Гевко І.Б. Технологія відновлення і розточування кільцевих канавок в корпусних деталях. //Вісник Харківського технічного університету с.г. Вип. 17. Підвищення надійності відновлюваних деталей машин. - Харків, 2003. - С.58-61.
7. Деклараційний патент на винахід №43097А. Пристрій для розточування кільцевих канавок. Гевко Ів.Б., Гевко Іг.Б., Головняк Р.В. Бюл № 10, 2001 р.
8. Деклараційний патент на винахід №53991А. Пристрій для розточування кільцевих канавок в корпусних деталях. Гевко Іг.Б., Гупка Б.В., Драган А.П. Бюл №2, 2003 р.
9. Деклараційний патент на винахід №49471А. Пристрій для розточування кільцевих канавок в отворах деталей. Гевко Іг.Б. Бюл № 9, 2002 р.
10. Деклараційний патент на винахід №52117А. Пристрій для розточування кільцевих канавок в отворах корпусних деталей. Матвійчик А.В., Гевко Іг.Б. Бюл № 12, 2002 р.
11. Деклараційний патент на винахід №49289А. Пристрій для розточування кільцевих канавок в отворах деталей. Гевко Іг.Б. Бюл № 9, 2002 р.

Одержано 07.02.2006 р.