

# МАШИНОБУДУВАННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ТА ПРОЦЕСИ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

УДК 621.952

**Б. Гевко, докт.техн.наук; О. Гурик, канд.техн.наук;**

**М. Зінь, канд.техн.наук; В. Дзюра**

*Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя*

## ТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ШЛІЦЕВИХ ОТВОРІВ У ДЕТАЛЯХ МАШИН

*Проведено дослідження досягнення точності виготовлення шліцевих отворів деталей при попередньому гартуванні, які деформуються по діаметру і довжині шліців. Запропоновано технологічні методи калібрування шліцевих отворів з наступним їх вигладжуванням твердосплавними складними прошивками з метою встановлення номінальних розмірів і досягнення необхідної якості при виготовленні і ремонті.*

### Умовні позначення

$D$  — зовнішній діаметр деталі;

$a$  — натяг під дорнування;

$B$  — ширина циліндричної стрічки дорна;

$\alpha_3$  — кут забірного конуса дорна;

$f$  — коефіцієнт тертя матеріалу дорна об оброблюваний метал;

$D_S$  — діаметр області оброблюваної деталі, що пластично деформується;

$E$  — модуль пружності оброблюваного металу;

$p$  — дійсний опір оброблюваного металу деформації;

$\sigma$  — початкова границя пружності оброблюваного металу;

$E_y$  — модуль пружності зміцненого металу;

$\Theta'_i$  — відносна радіальна залишкова деформація по діаметру оброблюваного отвору;

$\delta$  — сумарна пластична деформація

Рухомі шліцеві з'єднання працюють у важких умовах експлуатації при високих швидкостях ковзання 6-8м/с і високих тисках 2-3 МПа, високій частоті прикладання ударних навантажень (40-60 уд/с), інтенсивному абразивному зношуванню і недостатньому змащуванню [1]. Для збільшення ресурсу роботи шліцевих з'єднань потрібно підвищити точність їх виготовлення. Тобто підвищити концентричність вала і втулки, зменшити відхилення від форми і розміщення поверхонь з'єднання, що, в свою чергу, зменшить зазори і приведе до зменшення його розхитування.

Вивчення роботи цих з'єднань при експлуатації різних машин показало, що основною причиною виходу з ладу відповідного обладнання є зношування бокових поверхонь шліцевих з'єднань.

За час експлуатації (350-500 год.) зношування сягає близько 2 мм. [1], досягнення довговічності експлуатації шліцевих з'єднань отримуємо за рахунок застосування зносостійких матеріалів, хіміко-термічним і поверхневим пластичним зміцненням, підвищенням якості виготовлення виробів.

Робота виконується у відповідності до координаційного плану з питань науки і техніки України, розділу „Машинобудування”, „Високопродуктивні техноогічні процеси в машинобудуванні” на 2000-2005 роки.

В працях [1,2,3] розглянуті шляхи підвищення точності виготовлення шліцевих з'єднань, але вони в повній мірі не вирішують питання створення прогресивних технологічних процесів оброблення ШО (Шліцевих отворів) після термооброблення і створення шліцевих твердосплавних дорнів.

Тому метою даної роботи є підвищення надійності і довговічності роботи шліцевих з'єднань шляхом забезпечення необхідної їх точності при відповідній твердості робочих поверхонь.

Шліцеві з'єднання характеризуються наступними параметрами: зовнішнім  $D$  і внутрішнім  $d$  діаметрами, шириною шліца (зуба)  $b$  і числом зубів  $z$ . В залежності від профілю ці з'єднання бувають прямобічні, трапецеїдальні, евольвентні і трикутні. (ГОСТ 1139-80)

Найбільше поширення отримали шліцеві з'єднання з прямобічним профілем зуба, що мають кратне число зубів 4, 6, 8, 10, з центруванням по зовнішньому діаметру і бокових поверхнях шліца (рис.1).

Один з основних показників точності виготовлення шліцевих з'єднань - концентричність з'єднувальних деталей, яка забезпечується співвісністю концентруючих поверхонь валів і втулок. В з'єднаннях з прямобічним профілем зуба використовують три способи центрування вала і втулки.

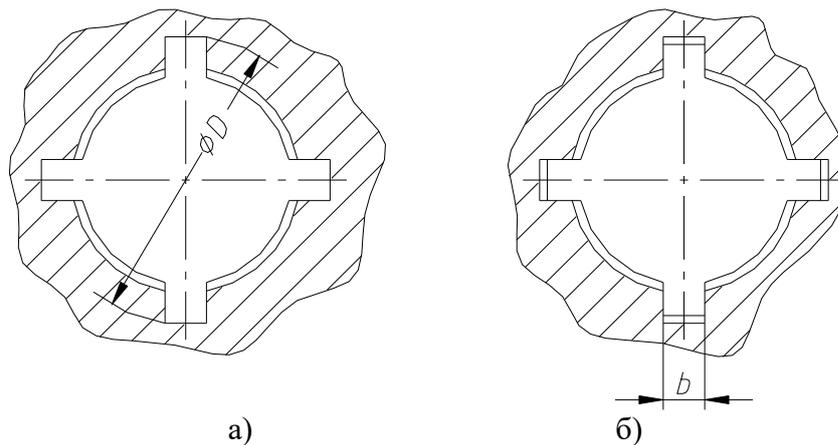


Рис.1. Схеми центрування шліцевих з'єднань  
а – по зовнішньому діаметру; б – по бокових поверхнях

Одними з найбільш точних і економічно обґрунтованих є центрування по зовнішньому діаметру, а також центрування по бокових поверхнях (рис.1). Проте досягнення недостатньої точності при виготовленні отвору не дає можливості отримати задану концентричність з'єднувальних поверхонь.

Для надійної роботи шліцевих з'єднань їх поверхня повинна мати відповідну твердість. Для цього застосовують гартування шліцевих отворів і валів.

Проведені на багатьох заводах галузі машинобудівного профілю дослідження великої кількості деталей із шліцевими отворами показали, що при цементації і гартуванні відбуваються деформації отворів, що негативно впливає на якість виробів. Для підвищення якості виготовлюваних деталей після термічного оброблення використовують процес калібрування з наступним вигладжуванням шліцевих отворів. Використання цього процесу механічного оброблення шліцевих отворів приведе до підвищення їх якості, зниження затрат на оброблення і підвищення експлуатаційних властивостей деталей.

В процесі деформування деталей, що здійснюється твердосплавними прошивками, відбувається якісна зміна обробленого отвору – зменшення шорсткості

поверхні і підвищення точності отвору в порівнянні з вихідною. Ці якісні зміни пов'язані з перерозподілом металу оброблюваної деталі, в результаті чого проходить виправлення профілю поверхні і геометричної форми отвору.

Встановлено, що шорсткість обробленої поверхні зменшується із збільшенням сили прошивання, що рівнозначно збільшенню сумарної пластичної деформації [2] (рис. 2).

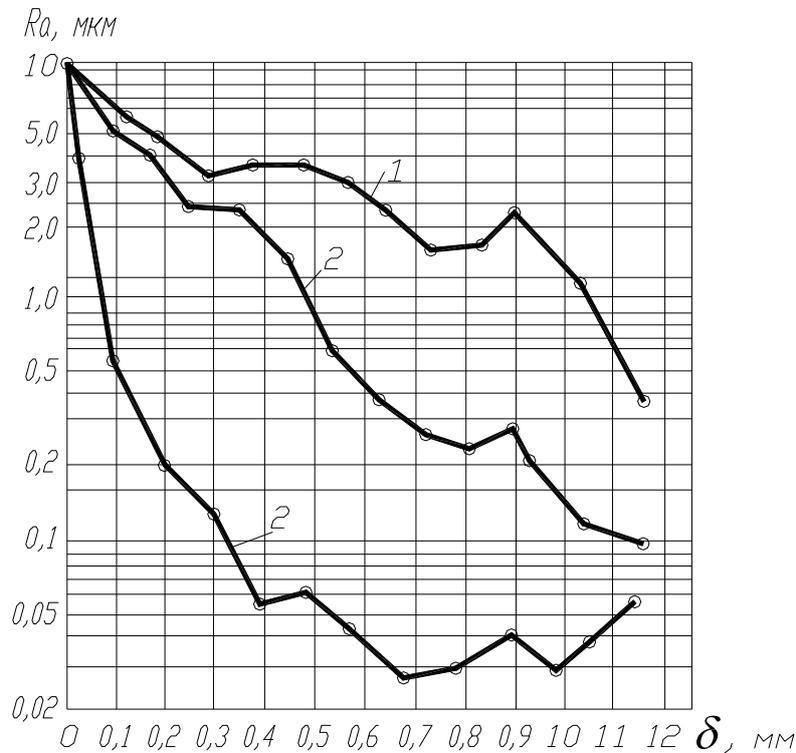


Рис.2. Залежність шорсткості обробленої поверхні від сумарної пластичної деформації

Однак це збільшення не може бути безмежним, при певних величинах пластичної деформації може наступити погіршення чистоти оброблення – поверхня отвору почне лущитись. Крім цього, сила протягування обмежується міцністю стержня прошивки і силою тяги верстата.

Для такого процесу придатний тільки дуже жорсткий інструмент, який при високих контактних тисках і великих силових навантаженнях може зберегти точні розміри і передавати їх оброблюваному виробу.

Для забезпечення процесу використовують складний інструмент - твердосплавну вигладжуючу прошивку.

Довжина прошивки не повинна перевищувати 15 діаметрів прошивки, виходячи з умови міцності прошивки. Обмеження довжини прошивки приводить до зменшення припуску на оброблення.

Для підвищення точності оброблення шліцевих отворів у шліцевих прошивках доцільним є використання додатково твердосплавних вигладжуючих елементів. Ці елементи виготовляють у вигляді однозубих вигладжуючих кілець або у вигляді блоків, що містять декілька вигладжуючих зубів (рис.3).

Використання таких елементів дозволить досягнути шорсткості оброблюваної поверхні  $Ra=0.63$ , і навіть  $Ra=0.16$  мкм, точність розмірів 7-9-го квалітету.

Для переміщення дорна в отворі деталі потрібне значне тягове зусилля, яке залежить не тільки від величини деформації металу, але і від форми деформуєчих кілець, швидкості їх руху, а також вживаної при дорнуванні мастила.

Величина цього зусилля при роботі одного деформуєчого кільця визначається за формулою (1), згідно з [3]:

$$P_{ia} = \frac{\pi \cdot p \cdot (D^2 - D_0^2)}{4} \left[ \left( 1 + \frac{f}{\operatorname{tg} \alpha_3} \right) \cdot \ln \left( 1 + \frac{\alpha}{D_0} \right) + \frac{2 \cdot f \cdot B}{D_0} \right] + 0,07 \cdot \pi \cdot p \cdot (D_s^2 - D_0^2) \cdot (2 \operatorname{tg} \alpha_3 + f) \quad (1)$$

$$D_s^2 = 0,68 \cdot D_R^2 \left\{ \frac{Ea}{pD_K} + 0,1 \cdot \left[ \sqrt{(10 - D/D_K) \cdot (D/D_K - 1)} + 3/4 \right] \right\}, \quad (2)$$

де  $p = \sigma + E_y \cdot \Theta'_{i_{\max}}$  — дійсний опір оброблюваного металу деформації, МПа;

Якщо в роботі беруть участь одночасно декілька деформуючих кілець, то з достатньою для практики точністю необхідно помножити  $P_{od}$  на число цих кілець.

Ріжучо-вигладжуючі прошивки знаходять все більше застосування, особливо в автомобілі і тракторобудівному машинобудуванні, а також в гірничодобувній і нафтовидобувній промисловості.

Ріжуча частина таких інструментів може бути виготовлена із швидкорізальної сталі з гартуванням до HRC 63-65 або твердого сплаву марок BK15 і BK8. Також твердосплавні вигладжуючі елементи можна виготовляти з маталокерамічних твердих сплавів.

Виконання вигладжуючого елемента із твердого сплаву дозволить запобігти виникненню явища інтенсивного наростоутворення, що спостерігається при використанні цього елемента із швидкорізальної сталі і є основною причиною їх заміни, і збільшити продуктивність процесу оброблення в десятки разів, підвищивши одночасно точність виготовлення деталей. Також для запобігання виникненню явища інтенсивного наростоутворення використовують хімічне травлення або омилення заготовок перед протягуванням. Це дає змогу збільшити ресурс використання вигладжуючих елементів.

Ще одним шляхом зменшення утворення наросту є використання змащувально-охолоджувальних рідин. Досліди показали, що найбільш ефективною ЗОР є сульфозфрезол, хоч з точки зору зменшення сил прошивання і відведення тепла він поступається таким ЗОР, як 5%-ний розчин емульсолу і 3%-ний розчин мила у воді. Використання саме цієї ЗОР рекомендовано при обробці сталей, які володіють значною пластичністю (сталь10, сталь20) [4].

На основі проведених досліджень твердосплавних деформуючих прошивок встановлено:

при обробленні деталей із сталей з підвищеною пластичністю, а також тонкостінних деталей з незначною величиною пластичної деформації (до 0,3 мм), якщо необхідно отримати шорсткість поверхні в межах Ra 0,16-0,32 ЗОР, слід використовувати тільки сульфозфрезол. При обробці деталей з невисокими вимогами до шорсткості Ra 0,64, а також для деталей із значною величиною пластичної деформації в якості ЗОР можна використовувати 5%-ний розчин емульсолу або 3%-ний розчин мила в воді [5].

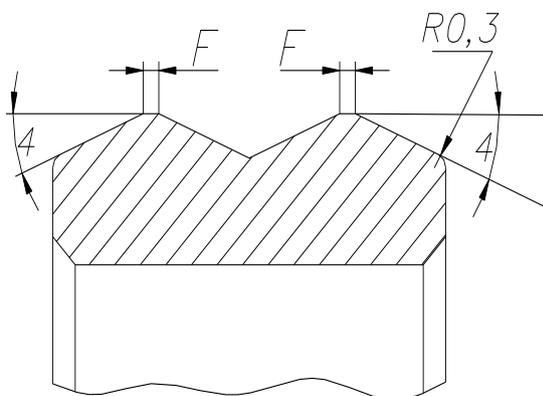


Рис. 3 – Профіль вигладжуючих зубів

Між останнім калібруючим і першим вигладжуючим зубом повинна бути втулка, довжина якої більша від довжини оброблюваного отвору. Це дає можливість зняти пружні деформації заготовки, щоб підвищити точність оброблення.

Профіль вигладжуючих елементів переважно двохконусний [4]. Кути забірного і зворотнього конусів часто роблять

однаковими  $\alpha_1 = \alpha_2 = 4 \div 6^\circ$ . Такий профіль є найбільш технологічним. Ширина стрічки лежить в межах 0,5-1 мм. Число вигладжуючих зубів 3-6. Сумарний натяг, що отримаємо при обробці, переважно не перевищує 0,2 мм. Для оброблення деталей із сталі застосовують вигладжувальні елементи з твердих сплавів ВК8, ВК6.

Посадка всіх деталей складної вигладжувальної прошивки на оправку повинна відповідати Н7/h7.

Вигладжуючі елементи прошивки зміцнюють поверхню обробленого отвору, що дозволяє в окремих випадках відмінити об'ємне гартування.

Обробка шліцевих отворів твердосплавними деформуючими прошивками в багатьох випадках замінює операції зенкерування, хонінгування, шліфування і розкатування і є процесом більш економічним і продуктивнішим.

Твердосплавні однозубі вигладжуючі прошивки застосовують і для оброблення глухих отворів. При цьому вигладжування замінює процес хонінгування, а продуктивність автомата складає 450-500 заготовок в годину.

### **Висновки:**

1. При застосуванні твердосплавних деформуючих прошивок забезпечується стабільна низька шорсткість поверхні Ra 0,16-0,32.
2. Застосування твердих сплавів для вигоовлення деформуючих елементів дозволяє досягнути величини пластичної деформації в межах 6-20% і при цьому збільшується мікротвердість поверхневого шару на 20-40%, підвищується довговічність і роботоздатність деталі.
3. При обробленні деталей із сталей з підвищеною пластичністю, а також тонкостінних деталей з незначною величиною пластичної деформації (до 0,3 мм), якщо необхідно отримати шорсткість поверхні Ra0,16-0,32 в якості мастильно-охолоджувальної рідини слід використовувати тільки сульфозфрезол.
4. При обробленні деталей з невисокими вимогами до шорсткості Ra 0,64, а також для деталей з значною величиною пластичної деформації в якості ЗОР можна використовувати 5%-ний розчин емульсолу або 3%-ний розчин мила у воді.

*Research of achievement of exactness of making of the grooved holes of details at previous incandescence is conducted, that become deformed on a diameter length of grooved. The technological methods of calibration of the grooved holes are offered with subsequent their pressing by the hard-alloy difficult sewing with I aim receipts of nominal sizes and achievements of necessary quality at making and repair.*

### **Література**

1. И.А. Бегоян, А.И. Бойко Повышение точности и долговечности бурильных машин.- М.: Недра, 1986.- 214 с.
2. Розенберг А.М., Розенберг О.А., Сирота Д.П. Твердосплавные протяжки и прошивки для обработки отверстий методом пластического деформирования. Опыт, внедрение и эксплуатация.- М.: Машиностроение, 1968.-48 с.
3. В.С. Корсаков, Г.Э. Таурит, Г.Д. Василюк.К., Повышение долговечности машин технологическими методами.-М.:Техника, 1986.-157 с.
4. Проскураков Ю.Г. , Упрочняюще-калибрующие методы обработки.- М.: Машиностроение , 1965.- 130 с.
5. Гевко Б.М., Дзюра В.О., Романовська Л.М., Дослідження точності виготовлення і відновлення шліцевих отворів деталей типу "тіл обертання".-Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Вип.21., Харків 2003, 339-343 с.

*Одержано 15.09.2004 р.*