

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС КАЛІБРУВАННЯ ШЛІЦЕВИХ ОТВОРІВ

Приведено дослідження впливу технологічних факторів на якість виконання процесу оброблення шліцевих отворів твердосплавними дорнами. Дані практичні рекомендації щодо вибору параметрів процесу. Приведено залежності для визначення зусиль при дорнуванні.

Умовні позначення

P – зусилля калібрування;

K_p – коефіцієнт, що враховує вплив зміцнення матеріалу шліців на зусилля калібрування;

d_0 – діаметри середньої поверхні циліндра до деформації;

d_{instr} – діаметр інструменту;

$d_{ов}$ – діаметр отвору;

δ – натяг при калібруванні;

h_0 – товщина стінки циліндра;

σ_m – границя текучості матеріалу;

E – модуль пружності;

μ – коефіцієнт поперечної деформації матеріалу циліндра;

ε_m – деформація, що відповідає границі текучості матеріалу;

f – коефіцієнт тертя;

s – ширина шліцевого паза;

n – кількість шліців;

b – ширина калібруючої частини;

m_i – безрозмірні меридіональні напруження на межах відповідних ділянок;

$i_{0відн}$ – початковий відносний натяг;

$i_{відн}$ – відносний натяг;

i – загальний натяг;

φ – передній кут при калібруванні

φ_1 – задній кут при калібруванні.

Надійність і довговічність, закладена в процесі проектування машини, забезпечуються при її виготовленні. Технологія виготовлення кожної деталі визначає якісні характеристики: точносні параметри поверхонь, фізико-механічні характеристики поверхневих шарів. Останні впливають на експлуатаційні властивості деталей, у тому числі на зносостійкість, втомну і контактну міцність, корозійну стійкість, тощо. Це показує, яка велика роль технології і особливо фінішних операцій при виготовленні деталей машин, в процесі яких кінцево формуються характеристики поверхневого шару. Існуючі сучасні процеси чистової обробки деталей припускають широке впровадження передової технології на підприємствах, займається виробництвом або ремонтом бурильних установок і машин.

Робота виконується у відповідності до координаційного плану з питань науки і техніки України, розділу „Машинобудування”, „Високопродуктивні технологічні 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 шліцевих отворів (ШО) 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.

Обробка деталей машин поверхневим пластичним деформуванням є одним з найбільш простих й ефективних методів зміцнення. Поверхнєве пластичне деформування підвищує втомну міцність, контактну витривалість і зносостійкість деталей й тим самим збільшує довговічність машин і устаткування. В результаті поверхневої деформації змінюються мікроструктура й фізико-механічні властивості поверхневого шару металу.

При пластичній деформації відбувається роздроблення кристалів на фрагменти і блоки з великими спотвореннями кристалічних решіток на їх межах.

Межі фрагментів і блоків служать перешкодою для зсувної деформації і з збільшенням кількості фрагментів і блоків відповідно зростає і число меж, біля яких затримуються дислокації. Збільшення ступеня розорієнтації фрагментів і блоків додатково підвищує опір меж проходженню через них дислокацій, що також збільшує опір деформуванню. Це є основною причиною зміцнення металів при пластичній деформації. Мабуть, процес дроблення блоків з силою мікрспотворень відбувається до відомої межі, залежної від хімічного складу і фізико-механічних властивостей матеріалу. Як тільки мікрспотворення досягнуть свого граничного значення, здібність решіток до подальшої деформації виявляється вичерпаною.

Якщо після цього тиск ростиме, то подальше дроблення блоків приводить до виникнення мікротріщин і руйнування поверхні.

В процесі деформації деталей, здійснюваної твердосплавними протяжками, відбувається якісна зміна протягнутого отвору - зменшення шорсткості поверхні і підвищення точності отвору в порівнянні з початковою. Ці якісні зміни пов'язані з перерозподілом металу оброблюваної деталі, внаслідок чого відбувається виправлення профілю поверхні і геометричної форми отвору. Якість оброблених отворів знаходиться в безпосередній залежності від початкового стану оброблюваної поверхні, величини пластичної деформації (припуск під протягування), схеми оброблення, оброблюваного металу, товщини стінки деталі, мастила і т.д.

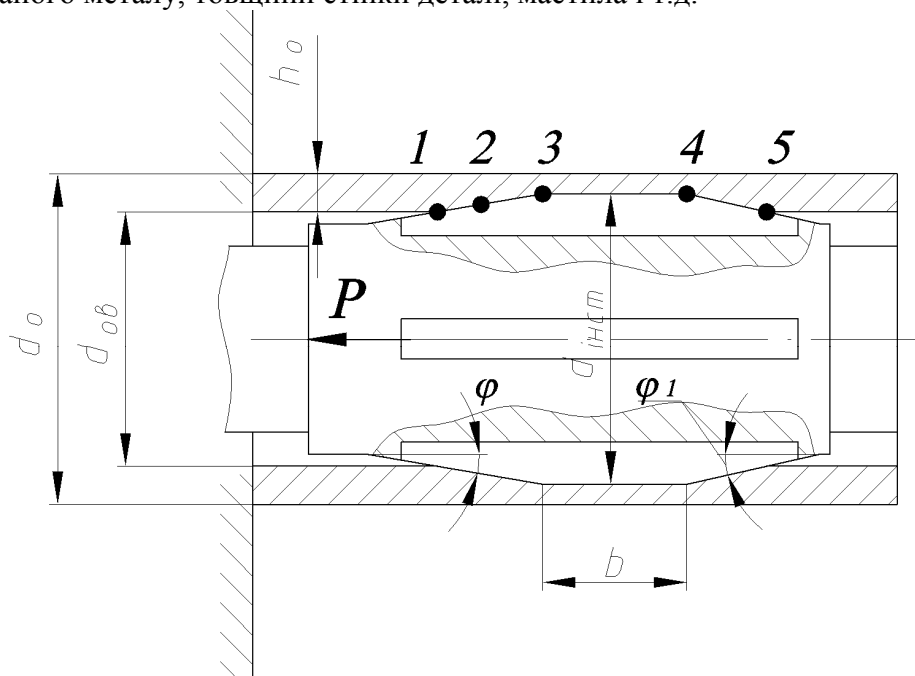


Рис. 1. Розрахункова схема калібрування шліцевого отвору

Наведемо залежності для розрахунку тягового зусилля калібрування шліцевого паза, розрахункова схема якого зображена на рис. 1.

Зусилля калібрування отвору діаметром d_0 можна визначити із залежності [1]:

$$P = K_p \cdot \pi \cdot d_o \cdot h_o \cdot |m_1| \cdot \sigma_m \quad (1)$$

В цьому випадку лінія дотику інструмента і отвором є коло діаметром d_0 , тобто довжина лінії контакту визначається як довжина кола діаметром d_0 :

$$l = \pi \cdot d_0. \quad (2)$$

Але для калібрування шліцевих пазів довжина фактичної лінії контакту інструмента і деталі – ширина шліцевого паза помножена на кількість пазів. Розглядається випадок, коли калібрування відбувається тільки по діаметру впадини шліцевого отвору.

Прийнявши довжину дуги, рівну ширині паза, матимемо:

$$l_n = s \cdot n. \quad (3)$$

Тоді формула для визначення зусилля калібрування матиме наступний вигляд:

$$P = K_p \cdot s \cdot n \cdot h_0 \cdot |m_1| \cdot \sigma_m. \quad (4)$$

Меридіональне напруження на границі ділянки 1 буде рівним:

$$m_1 = m_2 - \frac{K \cdot \varepsilon_m}{2} \cdot [1 - (1 - \mu) \cdot m_2]^2. \quad (5)$$

Меридіональне напруження на границі ділянки 2 буде рівним:

$$m_2 = m_3 - \frac{K \cdot (i_{\text{відн}} - i_{0\text{відн}})}{\left(1 + \frac{h_0}{2d_0}\right) - (1 - \mu) \cdot K \cdot \varepsilon_m}. \quad (6)$$

Початковий відносний натяг визначаємо за формулою:

$$i_{0\text{відн}} = \varepsilon_m \cdot [1 + (1 - \mu) \cdot m_3]. \quad (7)$$

Натяг обчислюється за формулою:

$$i = d_{\text{всм}} - d_{0\text{в}}. \quad (8)$$

Відносний натяг рівний:

$$i_{\text{відн}} = \frac{i}{d_0} = \frac{i}{d_{0\text{в}} + h_0}. \quad (9)$$

Меридіональне напруження на границі ділянки 3 буде рівним:

$$m_3 = \frac{m_4 \cdot d_3 - 2 \cdot f \cdot b}{d_3 + 2 \cdot f \cdot b}. \quad (10)$$

Меридіональне напруження на границі ділянки 4 буде рівним:

$$m_4 \approx \frac{K_1 \cdot \varepsilon_m}{2} + m_5. \quad (11)$$

де $m_5 = 0$ - при калібруванні одним елементом.

Отже, можна зробити висновок, що натяг при калібруванні має одне з основних значень.

На основі проведених досліджень встановлені розміри шліцевих отворів до калібрування і після проведення обробки, що дозволило побудувати графік залежності величини залишкової деформації (рис. 2) по поверхні зовнішнього діаметру шліцевого отвору ($\delta_{\text{всм}}$) від натягу калібрування.

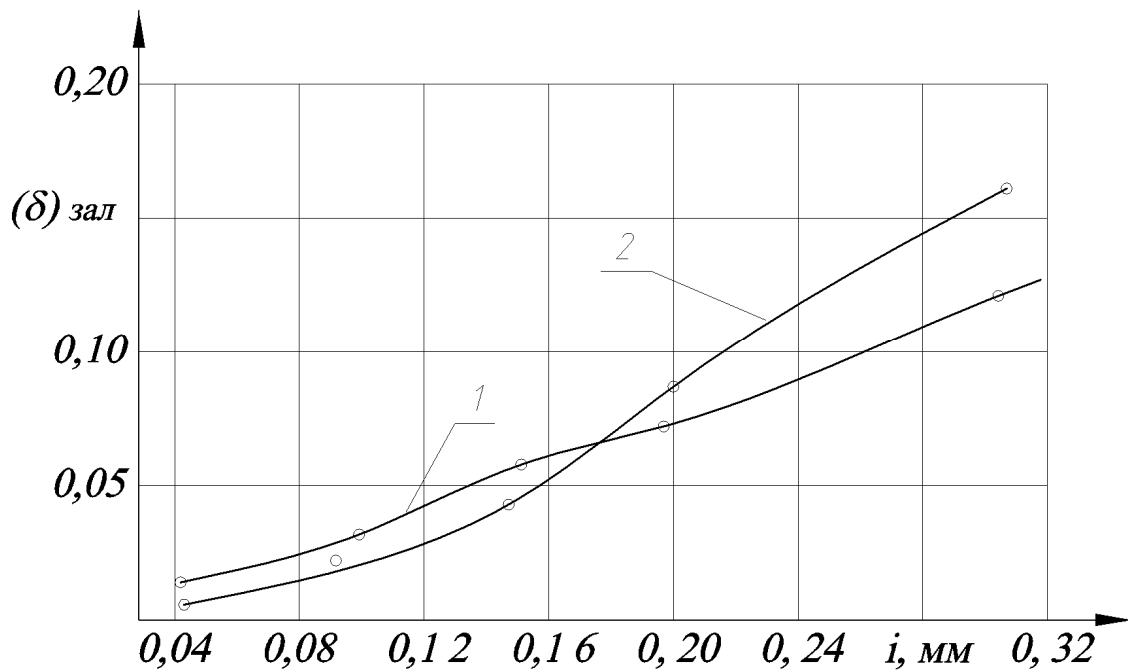


Рис. 2. Експериментальні залежності величини залишкової деформації ($\delta_{ост}$) від натягу калібрування для різних матеріалів:
1- для матеріалу заготовок 40Х; 2 - для матеріалу заготовок 18ХГТ

При обробці зразків з сталі залежність остаточної деформації має прямолінійний характер з малим кутом нахилу i_δ до осі абсцис, це пояснюється тим, що величина пружної деформації значно більша від величини остаточної деформації.

При калібруванні зразків з сталі 18ХГТ з малими натягами до 0,15 мм величина залишкових деформацій незначна. Це пояснюється, в основному, деформуванням тільки поверхневих шарів металу, який має велику твердість. При калібруванні з великими натягами величина залишкових деформацій зростає, оскільки при цьому виникає деформування металу, нижче цементованого шару, який має меншу твердість. Цього звичайно не було, коли б ми калібрували деталі до термообробки. Проте для збільшення точності обробки, перед калібруванням доцільно проводити термообробку, що забезпечить стабільні механічні властивості матеріалу.

Шорсткість обробленої поверхні зменшується при збільшенні кількості кілець, що проходять через оброблювану поверхню, тобто із зменшенням натягу на одне кільце. Однак це приводить до того, що геометричні розміри інструмента стають більшими, а сам інструмент менш продуктивним.

Шорсткість обробленої поверхні залежить від шорсткості вихідної поверхні. Як показали дослідження, зменшення шорсткості вихідної поверхні зменшує шорсткість обробленої. Однак вплив шорсткості дається взнаки тільки в межах невеликих пластичних деформацій (0,1-0,4 мм). Починаючи з деформації 0,5-0,7 мм, вплив шорсткості деталі до калібрування є незначним на якість вихідної поверхні, тому обробку деталей можна проводити після розверстування, зенкування, свердління, ріжучого протягування.

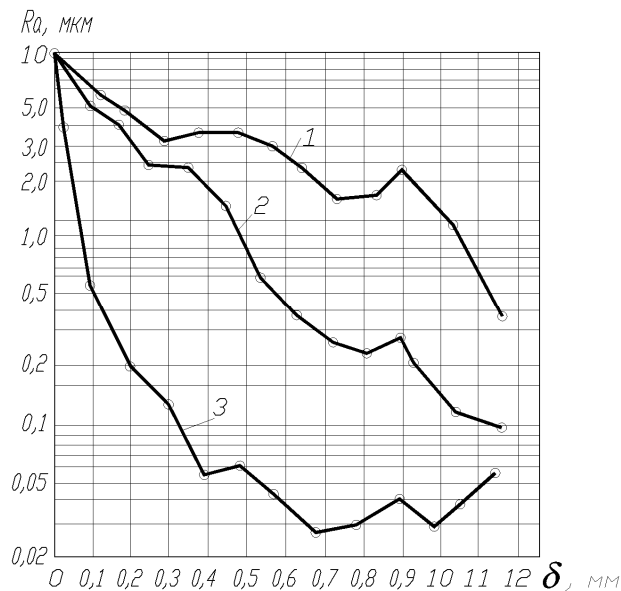


Рис. 3. Експериментальні залежності шорсткості обробленої поверхні від сумарної пластичної деформації для втулок поперечно розточених при різній товщині (t) стінок:
1 - $t=2$ мм; 2 - $t=4$ мм; 3 - $t=7$ мм.

На рис. 3 наведені залежності шорсткості обробленої поверхні від сумарної пластичної деформації при різній товщині стінок оброблюваної деталі. Як видно із графіків, із збільшенням товщини стінки шорсткість поверхні зменшується.

Висновки

1. На основні експериментальних досліджень встановлено, що при натягах калібрування 0,1-0,4 мм величина пружної деформації більша від величини залишкової деформації. При калібруванні з натягами 0,5-0,7 мм величина залишкових деформацій зростає, оскільки при цьому виникає деформування металу, нижче цементованого шару, який має меншу твердість.
2. Встановлено, що на процес калібрування значний вплив має натяг калібрування і товщина стінки оброблюваної деталі, а шорсткість вихідної поверхні впливає тільки в області незначних деформацій (0,1-0,4 мм).

Research of influencing of technological factors on quality of implementation of technological process of treatment of the grooved opening is resulted by hard-alloy sewing. The given practical recommendations to the choice of parameters of process.

Література

1. 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.
2. И.А. Бегоян, А.И. Бойко Повышение точности и долговечности бурильных машин.- М.: Недра, 1986.- 214 с.
3. Гевко Б.М., Дзюра В.О., Романовська Л.М., Дослідження точності виготовлення і відновлення шлицевих отворів деталей типу "тіл обертання". Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. - Вип.21., 2003.- С.339-343.

Одержано 15.03.2005 р.