

ПРОЦЕС ФОРМУВАННЯ ВНУТРІШНІХ ШЛІЦЬОВИХ ПОВЕРХОНЬ У ГЛУХИХ ОТВОРАХ МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ

Дано огляд технологічних процесів утворення внутрішніх шліцьових поверхонь у глухих отворах. Показано необхідність удосконалення процесу формування внутрішніх шліцьових поверхонь у глухих отворах методом холодного пластичного деформування з метою виявлення параметрів процесу, що забезпечують здійснення процесу без руйнування металу, сприятливу технологічну спадковість, а також якість отриманих виробів. Сформовано технологічний паспорт матеріалу у вигляді функцій:

*- крива течії матеріалу в координатах інтенсивність напружень, інтенсивність деформацій;
- діаграма пластичності в координатах гранична ступінь деформації, показник напруженого стану;
- градувальний (тарувальний) графік - твердість в залежності від інтенсивності напружень, інтенсивності деформацій.*

Розвиток нової техніки і постійне збільшення виробництва різноманітних машин і приладів вимагає від промислових підприємств випуску великої кількості різноманітних деталей, що у свою чергу, змушує конструкторів, працівників науково - дослідних інститутів і промислових підприємств створювати нове високопродуктивне обладнання і шукати найбільш ефективні і економічні методи обробки металів.

Незважаючи на розвиток безвідходних технологій, зокрема, методів обробки металів тиском, усе ще залишається великим обсяг заготовок, що отримуються обробкою різанням.

Для утворення в заготовках шліцьових поверхонь в отворах прийнято використовувати технологічні процеси протягання і довбання.

Протягання шліцьових отворів [1-3] дозволяє одержувати у вихідному круглому отворі певне число шліців різного профілю при високих вимогах до точності розмірів, форми профілю, шорсткості поверхні. Діаметр шліцьових отворів, оброблюваних протяганням, досягає 420 мм. Шліцьові отвори одержують вільним способом протягання на горизонтальних і вертикальних верстатах для внутрішнього протягання.

Шліцьові отвори з різним профілем шліців одержують як багатошліцьовими, так і одношліцьовими протяжками в залежності від серійності виробництва.

При обробці протяганням виникають місцеві дефекти на протягненій поверхні у вигляді чорновин, вививів металу, задирок, смуг, кільцевих слідів, слідів від стружкоділильних канавок, лускоподібності або брижі, хвилястості і сколювання країв заготовки на виході протяжки.

Також при протяганні шліцьових отворів вимагається попередня додаткова операція для утворення вихідного круглого отвору будь-яким чистовим інструментом, включаючи круглу протяжку, що приводить до додаткових трудовитрат.

Для утворення рельєфних внутрішніх поверхонь використовуються довбачі [4], до яких висувають особливі вимоги. Процес довбання повинен забезпечувати високу продуктивність і в той же час високу точність оброблених виробів.

Основною задачею технології металообробного виробництва є виготовлення деталей з найменшими трудовитратами, з найбільшою продуктивністю і коефіцієнтом використання металу, причому їхня якість повинна задовольняти умовам експлуатації.

Для забезпечення необхідних механічних характеристик готових виробів, зниження трудовитрат, підвищення коефіцієнта використання металу і продуктивності важливе значення має гаряче і холодне штампування видавлюванням на пресах.

Використання гарячого штампування [5], при формуванні рельєфної поверхні, зокрема виготовлення поковок (втулки, стакани з зовнішніми і внутрішніми ребрами) на високошвидкісних молотах, пояснюється існуванням у виробів тонких ребер, стінок, полотен, малих радіусів заокруглень і штампувальних уклонів, що неможливо одержати на звичайному штампувальному обладнанні. Вибір даного процесу обумовлює економію металу. До основних дефектів при гарячому штампуванні видавлюванням відносяться: затиски і складки, поперечні зовнішні тріщини, пережими і прес-утяжини.

Проведений аналіз, існуючих способів отримання внутрішніх рельєфних (шліцьових) поверхонь в отворах (протягання, довбання, гаряче штампування видавлюванням), показав, що всі ці способи обробки пов'язані зі значними відходами металу, із застосуванням дорогого обладнання і пристосувань, з використанням висококваліфікованої робочої сили.

Холодне штампування методом видавлювання є одним з найбільш передових і прогресивних процесів виготовлення деталей, що забезпечує різке підвищення продуктивності праці, значне скорочення технологічних відходів металу, зниження трудомісткості процесів і собівартості продукції, що випускається.

Можливості холодного штампування видавлюванням досить широкі і різноманітні. Цим методом можна виготовити напівфабрикати і готові деталі будь-якої форми, у тому числі і внутрішні шліцьові профілі, з маловуглецевих, середньовуглецевих і малолегованих сталей, а також із переважної більшості кольорових металів і сплавів.

Прикладом такої технології може бути технологічний процес формування внутрішнього шліцьового з'єднання в трубних заготовках методом їх обтиснення матрицями на профільних оправках [6].

Враховуючи необхідність отримання нових економічно вигідних технологій в Інституті надтвердих матеріалів ім. В. Н. Бакуля АН України у відділі № 20 під керівництвом О. О. Розенберга був розроблений технологічний процес формування внутрішніх шліцьових поверхонь у глухих отворах методом холодного пластичного деформування.

Суть процесу полягає в тому, що заготовка (рис. 1) разом з розміщеною усередині профільною (шліцьовою) оправкою деформується (проходить) через спеціальне пристосування для багатоступінчастого редукування внутрішніх шліцьових поверхонь у глухих отворах. Направляюча частина, внутрішній штовхач і шліцьова оправка спроектовані таким чином, щоб після завершення процесу деформування автоматично відбувалося скидання виробу з профільної оправки.



Рис. 1. Заготовка

Даним способом формували шліцьовий профіль рис. 2, який відповідає профілю елемента сервокерування гідротрансмсії в тихохідних машинах.

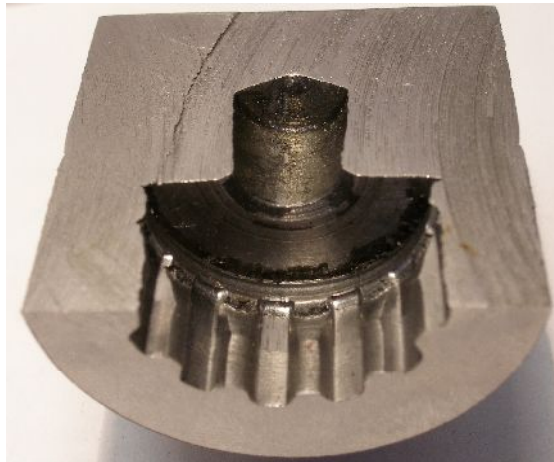


Рис. 2. Деталь із внутрішньою шліцьовою поверхнею в глухому отворі

У даному процесі існує проблема, яка пов'язана з тим, що висота зуба шліца не досягає 10 - 15% необхідного заповнення. Крім того, залишається незрозумілим питання забезпечення якості шліцьової поверхні з точки зору несучої здатності, а також ресурсу пластичності в процесі формування шліців.

Тому, для удосконалення даного процесу формування внутрішніх шліцьових поверхонь у глухих отворах методом холодного пластичного деформування, необхідно вирішити наступні задачі:

1. вивчити механіку процесу формування шліцьової поверхні;
2. розробити методику поетапного розрахунку напружено-деформованого стану в різних областях формуемого виробу;
3. дослідити напружено-деформований стан з метою оцінки використаного ресурсу пластичності;
4. розробити рекомендації, які дозволяють керувати параметрами процесу, що забезпечують якість виробів.

Розв'язок поставлених задач, у першу чергу, пов'язаний з необхідністю формування технологічного паспорту матеріалу (сталь 20X), з якого виготовляються деталі з внутрішньою шліцьовою поверхнею.

В теорії обробки металів тиском, де розглядаються великі пластичні деформації (кінцеві деформації) таких стандартних механічних характеристик як границя текучості - $\sigma_{0,2}$, границя пружності - $\sigma_{пр}$, межа пропорційності - $\sigma_{мп}$, межа міцності - σ_b , а також характеристик пластичності - відносне залишкове видовження

$$\delta = \frac{l_i - l_0}{l_0} \cdot 100\%, \text{ відносне залишкове звуження } - \psi_{ш} = \frac{A_0 - A_{ш}}{A_0} \cdot 100\% \quad (\text{табл. 1}), \text{ далеко недостатньо}$$

для опису механіки процесів обробки металів тиском.

Таблиця 1

Характеристики матеріалу

Марка сталі	C	Mn	Cr	HV, МПа	KCV, мДж/м ²	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ , %	$\psi_{ш}$, %
20 X	0,17-0,23	0,5-0,8	0,7-1,0	1500	0,6	635	780	11	40

В останні роки, розглянуті представлення про властивості матеріалу у вигляді функцій знаходять широке застосування при моделюванні процесів обробки металів тиском і є основою нової дисципліни "Експериментальна механіка машин".

Такими універсальними механічними характеристиками матеріалів є функції матеріалу, які відображають властивості матеріалу в залежності від ступеня деформації (здатність до зміцнення), схеми напруженого стану, історії деформування.

Базуючись на відомих методиках [7-9] побудовані наступні функції матеріалу:

1) крива течії матеріалу в координатах інтенсивність напружень σ_u , інтенсивність деформацій e_u .

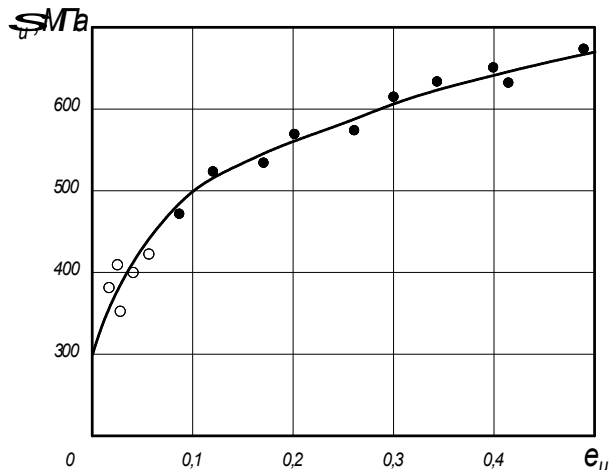


Рис. 3. Крива течії сталі 20X
(● – експериментальні дані випробувань на стиск, ○ – експериментальні дані випробувань на розтяг, — – апроксимація згідно рівняння (1))

З метою використання кривої течії в розрахунках технологічних процесів обробки металів тиском її апроксимували рівнянням

$$\sigma_u = A e_u^n, \quad (1)$$

де A , n - коефіцієнти апроксимації, що мають фізичний зміст: для матеріалу, що ізотропно зміцнюється

$A = \sigma_u$ при $e_u=1$, $n=e_{kp}$ - критична деформація при умовному максимальному напруженні. Для даного матеріалу коефіцієнти апроксимації $A=768 \text{ МПа}$, $n=0,186$.

2) діаграма пластичності в координатах граничний ступінь накопиченої інтенсивності деформації до моменту руйнування e_p , показник напруженого стану η , який дорівнює відношенню середнього напруження до інтенсивності напружень;

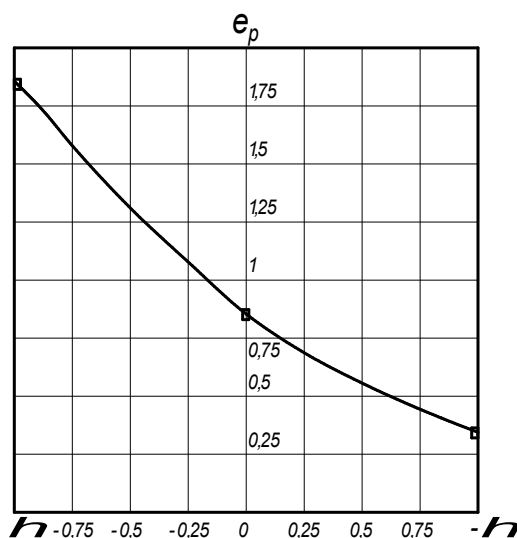


Рис. 4. Діаграма пластичності сталі 20X

Суцільна лінія, показана на рис. 4, побудована згідно апроксимації запропонованої В. А. Огородніковим [10]:

$$\varepsilon_p = \varepsilon_p(\eta = 0) \exp(-\lambda_i \cdot \eta), \quad (2)$$

де $\varepsilon_p(\eta = 0)$ – гранична деформація при зсуві (крученні);

λ_i – відповідно:

$$\lambda_1 = \ln \frac{\varepsilon_p(\eta = 0)}{\varepsilon_p(\eta = 1)}, \quad (3)$$

– коефіцієнт чутливості пластичності до зміни схеми напруженого стану в області зміни показника $1 \geq \eta \geq 0$;

$$\lambda_2 = \ln \frac{\varepsilon_p(\eta = -1)}{\varepsilon_p(\eta = 0)}, \quad (4)$$

– коефіцієнт чутливості пластичності до зміни схеми напруженого стану в області зміни показника $0 \geq \eta \geq -1$.

Таблиця 2

Експериментальні дані пластичності сталі 20X при різних показниках η , а також значення коефіцієнта λ_i

№ п/п	Матеріал сталі	Граничні деформації			Коефіцієнт	
		$e_p(\eta = 1)$	$e_p(\eta = 0)$	$e_p(\eta = -1)$	λ_1	λ_2
1	20X	0,32	0,62	1,42	0,66	0,69

3) градувальний (тарувальний) графік - твердість (HV, HB, HRC, HRA, HRB) в залежності від інтенсивності напружень, інтенсивності деформацій $HV = f(\sigma_u, e_u)$.

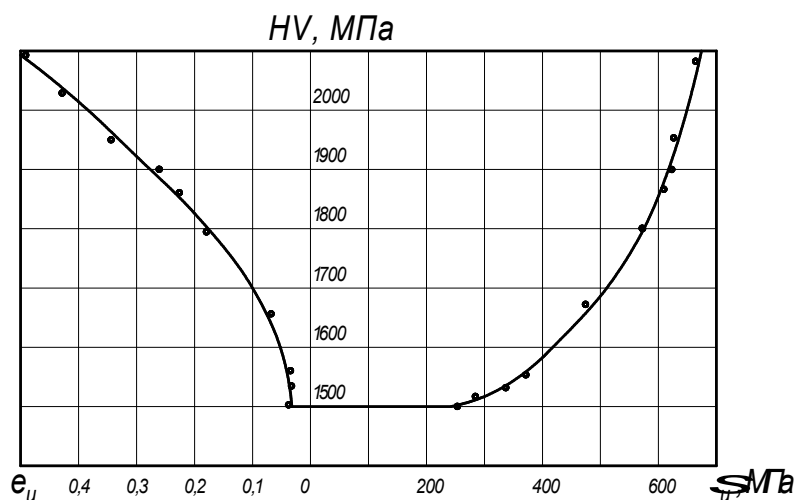


Рис. 5. Градувальний графік сталі 20X (● – експеримент, — – апроксимація)

Як впливає з рис. 5 отримана залежність, починаючи з деформації $e_u \cong 0.2$ між σ_u і твердістю HV практично лінійна і може бути описана рівнянням:

$$\sigma_u = K \cdot HV, \quad (5)$$

де K для сталі 20X виявився рівним $K = 0,309$.

Висновки

1. Показана можливість та необхідність отримання якісних виробів із внутрішньої шліцьовою поверхнею в глухих отворах методом холодного пластичного деформування.
2. Приведено дані про механічні характеристики досліджуваного матеріалу (сталь 20X), який використовується для виготовлення деталей із внутрішньою шліцьовою поверхнею, у вигляді функцій: $\sigma_u = f(e_u)$, $e_p = f(\eta)$, $HV = f(\sigma_u, e_u)$.
3. Поставлено задачі подальших досліджень, рішення яких забезпечить необхідний запас пластичності деформуємих заготовок, а також сприятливу технологічну спадковість.

Література

1. Кацев П.Г. Обработка протягиванием: Справочник. – М.: Машиностроение, 1986. – 272 с.: ил. – (Серия справочников для рабочих).
2. Кацев П.Г. Протяжные работы: Учеб. пособие для обучения рабочих на пр-ве. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985. – 191 с., ил. – (Профтехобразование).
3. Пронкин Н.Ф. Протягивание труднообрабатываемых материалов. М., “Машиностроение”, 1978. 119 с. с ил.
4. Олифиренко М.И. Прогрессивные процессы зубодобления. – К.: Тэхника, 1988. – 190 с.
5. Атрошенко А.П., Федоров В.И. Горячая штамповка труднодеформируемых материалов. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1979. – 287 с., ил.
6. В.А. Огородников, И.Г. Савчинский, О.В. Нахайчук. Напряженно – деформированное состояние при формировании внутреннего шлицевого профиля методом обжатия на оправке // Тяжелое машиностроения. – 2004. – № 12. С. 31–33.
7. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. - М.: Машиностроение, 1975. - 400 с.
8. Огородников В.А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением. – Киев: Вища школа. Головное изд – во, 1983. – 175 с.
9. Дель Г.Д. Определение напряжений в пластической области по распределению твердости.–М.: Машиностроение, 1971. – 200 с.
10. Теорияковки и штамповки: Учеб. пособие для студентов машиностроительных и металлургических специальностей вузов // Е.П. Унксов, У. Джонсон, В.Л. Колмогоров, В.А. Огородников и др.; Под общ. ред. Е.П. Унксова, А.Г. Овчинникова. – 2–е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 720 с.: ил.