

Міністерство освіти України  
Вінницький політехнічний інститут

На прабах рукопису

НАХАЙЧУК Олег Вікторович

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОДЕРЖАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КАНАВОК  
НА ПОВЕРХНІХ ОТВОРІВ ХОЛОДНИМ ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ

Спеціальність 05.03.05 "Процеси та машини обробки тиском"

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

м. Вінниця  
1994



00810389 (T)

AB 29.719

Дисертація є рукопис.

Робота виконана в Інституті гадтвердих матеріалів АН України

Науковий керівник - доктор технічних наук,  
старший науковий співробітник  
Посвятенко Едуард Карпович

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук,  
старший науковий співробітник

Штерн Михайло Борисович

кандидат технічних наук,  
доцент

Матвійчук Віктор Андрійович

Провідна установа -

Кіровоградський завод "Гідросил"

Захист дисертації відбудеться " 2 " червня 1994 р.  
о 14<sup>30</sup> год. на засіданні спеціалізованої вченої ради К 10.01.02  
при Вінницькому політехнічному інституті.

Адреса: 286021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Вінницького полі-  
технічного інституту.

Автореферат розісланий " 27 " квітня 1994 р.

Учений секретар  
спеціалізованої ради

Дерібо О.В.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Традиційні технології отримання глибоких технологічних канавок на поверхні отворів деталей з пластичних матеріалів складаються з декількох операцій механічної обробки (розточування, протягування, зенкерування), відзначаються низькою продуктивністю, високими витратами на інструмент та низьким коефіцієнтом використання матеріалу (КВМ). Ці технології також не дозволяють суттєво змінювати фізико-механічні властивості металу в області видавлених канавок. У той же час при виготовленні деталей типу гільза, що використовуються в деяких спецвиробах і повинні під час надвисокого тиску ділитись на частини, надзвичайно важливою проблемою є забезпечення попереднього зменшення ресурсу пластичності металу технологічними методами.

Вивчення існуючих методів формування технологічних канавок показує, що найбільш ефективною технологією їх отримання могла б стати обробка на базі холодного пластичного деформування, яка б дозволила підняти продуктивність та КВМ, зменшити витрати на інструмент та частково вичерпати ресурс пластичності металу в заданій області, де очікується його руйнування.

У той же час в науковій літературі немає даних про граничний стан металу в області канавок, про ефективні технології отримання канавок трикутного профілю глибиною до декількох міліметрів, про конструкцію інструментів та оснастки.

Виходячи із сказаного актуальність дисертаційної роботи обумовлюється: необхідністю створення маловідомої технології отримання канавок трикутного профілю на внутрішній поверхні трубних заготовок; забезпеченням за допомогою такої технології потрібних геометричних та фізико-механічних характеристик виробу; поліпшення обороноздатності України.

Мета роботи полягає в підвищенні ефективності отримання технологічних канавок на внутрішніх поверхнях отворів холодним пластичним деформуванням на основі дослідження механіки контактної взаємодії лінійного клинового індентора з виробом.

Задачі досліджень:

- розробка комплексної методики дослідження механіки взаємодії

лінійного індентора з виробом, що включає вивчення контактної області, визначення силових характеристик процесу;

- дослідження напружено-деформованого стану (НДС) в зоні втиснення клина;

- розробка нового процесу отримання технологічних канавок на фасонних оправках з оригінальною схемою деформування;

- дослідження здатності матеріалу до руйнування в зоні втиснення клина;

- підбір матеріалів для спецвиробів;

- розрахунок інструменту для редуціювання;

- розробка практичних рекомендацій по використанню результатів досліджень.

#### Наукова новизна роботи:

- вперше запропоновано маловідхідний технологічний процес виготовлення спецвиробів, що базується на схемі деформування без видовження виробу;

- розроблена методика розрахунку НДС в зоні втиснення лінійного клинового індентора;

- вперше визначено використаний ресурс пластичності матеріалів у зоні втиснення клина;

- розроблено методику вибору оптимальних матеріалів для спецвиробів;

- визначено взаємозв'язки технологічних, геометричних та силових факторів процесу;

- зроблено розрахунок інструменту для редуціювання;

- розроблено практичні рекомендації по використанню результатів досліджень.

#### Практичне значення роботи.

На основі проведених досліджень розроблено: аналітичний метод визначення геометричних характеристик канавок в залежності від матеріалу та розмірів заготовок; технологічний метод одержання канавок на внутрішній поверхні деталі, розрахунок інструменту для редуціювання; аналітичний метод розрахунку заготовок для редуціювання з технологічними канавками із заданими фізико-механічними характеристиками.

Обробка дослідно-промислової партії виробів була проведена в ІНМ АК України та на ВО "Київтрактородеталь". За розрахунками,

економічний ефект на рік від впровадження процесу у виробництво складає 6300 крб на 1000 деталей за цінами 1990 року.

Апробація роботи. Основні положення дисертації і результати досліджень було подано у доповідях на міжнародних науково-технічних конференціях в Києві (1992 р.) та Вінниці (1992 р.), республіканських науково-технічних конференціях у Вінниці (1990 р.) та Києві (1992 р.), науково-технічних конференціях Вінницького політехнічного інституту (1990, 1991 рр.). У повному обсязі дисертаційна робота заслуговувалась на засіданнях наукових семінарів відділу обробки металів різанням та деформуванням ІНМ (червень, грудень 1993 р.р.), кафедри прикладної механіки та опору матеріалів ВПІ (1993 р.), секції вченої ради ІНМ "Технологія обробки та інструменти із НТМ у машино- та приладобудуванні" (20 січня 1994р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 10 праць, серед яких 5 без співавторів.

Обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, закінчення, списку літератури із 119 найменувань, 4 додатків, викладена на 116 стор. основного тексту з 65 рисунками та 14 таблицями.

## ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність роботи по підвищенню ефективності отримання технологічних канавок на поверхнях отворів холодним пластичним деформуванням, сформульована наукова новизна та практична цінність роботи.

Перший розділ присвячений аналізу літературних джерел та постановки задач досліджень. Відмічено, що існуючі методи одержання технологічних канавок характеризуються низьким КЕМ, неефективним стружкозломом та стружковидаленням, слабким впливом процесу різання канавок на фізико-механічні властивості металу в зоні одержання, обмеженою глибиною канавок. З приведеного аналізу існуючих технологічних процесів виготовлення спецвиробів впливають недоліки кожного із них: протягування по профільній схемі характеризується низькою стійкістю інструмента, що не дозволяє одержувати канавки глибиною більше як 0,8 мм; недоліком спецвиробів із зварних труб є ненадійність зварного шва при роботі під тиском; термообробка сприяє великим розходженням глибин нагріву металів, зме-

кується марками тільки тих металів, які можуть бути загартовані.

У відомих процесах роздачі, обтиску, волочіння не досліджені питання обробки зразків на фасонних оправках з трикутним профілем індентора, вичерпання ресурсу пластичності металу отриманого виробу. Такі процеси характеризуються великими зусиллями обтиску та контактними тисками.

В літературних джерелах відзначено, що існуючі технології одержання фасонних оправок із зносостійкими покриттями для редуціювання не надійні.

Питання втиснення інденторів в жорстко-пластичний напівпростір досить добре досліджені в плані взаємозв'язків геометричних та силових факторів, моделей пластичного деформування, побудови ліній ковзання, визначення НДС. Однак, у вказаних працях не розглядалися випадки втиснення лінійних інденторів у внутрішню поверхню втулки при обтиску.

Браховуючи вказані недоліки існуючих методів одержання технологічних канавок, а також відсутність досліджень у відзначених напрямках, було сформульовано такі задачі досліджень:

- дослідження процесу одержання технологічних канавок на фасонних оправках, в тому числі визначення областей пластичної деформації;

- розрахунок НДС заготовок в зоні втисненого клина;

- дослідження пластичності оброблених матеріалів, що складаються з побудови діаграми пластичності та шляхів деформування небезпечних часток з подальшим розрахунком використаного ресурсу пластичності;

- вибір оптимальних матеріалів для спецвиробів;

- дослідження якості, фізико-механічних та службових властивостей поверхонь із технологічними канавками;

- розрахунок інструменту для редуціювання;

- розробка маловідходного технологічного процесу виготовлення спецвиробів;

- розробка практичних рекомендацій.

У другому розділі викладено основні методики проведення експериментів та обробки результатів, наведено характеристики використаних інструментів та обладнання. Досліди проводились на втулках із сталей 10, 20, 35, 45, 40Х, 30ХГСА, 12Х18М10Т, У8, а також

кольорових металів та сплавів: міді М-1, свинцю С-1, латуні ЛС 59-1, алюмінієвого сплаву АК-6 твердістю від 5 до 250 НВ.

Межі експериментальних досліджень становили: глибини одержаних трикутних канавок ( $h$ ): 0,5...3 мм, довжини заготовок ( $l$ ): 100...370 мм, товщини стінок ( $t$ ): 6...20 мм, натяги ( $a$ ): 1...3 мм, кути при вершинах клинів ( $2\alpha$ ): 30...150°, проміжки між внутрішньою поверхнею заготовки та вершиною клина ( $c$ ): 0,04...0,1 мм, робочий кут матриць - 6°, сили редуціювання досягали 550 кН.

Пустотілі циліндричні заготовки, перед процесом обтиску, піддавались контролю всіх геометричних параметрів. Досліджено умови виходу процесу на стаціонарний режим, коли прилади фіксували незмінність зусиль обробки.

На різних етапах втиснення робились поперечні розрізи втулок, підготовлені зразки послідовно розташовувались на поворотному столику мікроскопа ММ-2, де вимірювались відповідно глибини канавок, довжина сторони втиснення, радіуси заокруглень  $\rho$ , кути  $2\alpha$ .

Визначені межі крайових ефектів. Поруч з межею канавок виявлені напливи металу, які в подальших розрахунках характеризуються кутами напливу  $\theta$ .

В ході досліджень використовувались засоби моделювання, зокрема визначались сила тиску заготовок моделюванням сили втиску на плоских зразках. Запропонований новий параметр - лінійна твердість, яка визначається відношенням:

$$HL = P/S_A \quad (1)$$

де  $P$  - зусилля втиснення клинового індентора,

$S_A$  - площа видавленої поверхні.

Встановлений зв'язок між величиною твердості по Брінелю (незалежно від механічних характеристик розглянутих матеріалів) та лінійною твердістю  $HL$ .

Встановлені також умови взаємодії клинової оправки з поверхнею виробу. Виходячи з умови нестисненості матеріалу втулок, до та після редуціювання одержано співвідношення для визначення розрахункової глибини втиснення технологічної канавки, виходячи із початкових параметрів, інструменту, їх взаємного розташування, а також величини обтиску заготовки:

$$h = \frac{1}{2} \left[ d_H - \sqrt{(d_H - 2a)^2 - \frac{4t}{\beta} (d_H - t)} \right] - t - c. \quad (2)$$

де  $a$  - величина натягу, що визначається із формули

$$a = \frac{1}{2} \left[ (d_{H_1} - d_{H_2}) - u_a \right];$$
  $d_{H_1}$  - зовнішній діаметр втулки до обтиску;  
 $d_{H_2}$  - зовнішній діаметр втулки після обтиску;  $u_a$  - величина пружного відновлення зовнішньої поверхні заготовки;  $t$  - товщина стінки;  $c$  - проміжок між виступом клинів і внутрішньою поверхнею циліндричної заготовки;  $\beta'$  - коефіцієнт, що характеризує зміну довжини після обтиску (визначається відношенням довжин втулки до і після обтиску).

При обтиску товстостінних циліндричних заготовок на клинову оправку в зоні, яка взаємодіє з клином, утворюється область пластичної деформації. Течія металу при втисненні клина проходить в двох напрямках: радіальному і окружному. При цьому відбувається зміцнення металу, яке супроводжується збільшенням твердості, що дозволило встановити величину зони пластичної деформації навколо втисненого клина. Це положення було також використане для експериментально-розрахункового визначення НДС області пластичної деформації вимірюванням твердості.

При плануванні експериментів та статистичної обробки результатів був використаний метод багатофакторного планування експерименту.

Третій розділ присвячений дослідженням НДС в області втиснення клина та деформованості металів.

Описується метод утворення повздовжніх технологічних канавок при обтиску на клинові оправки пустотілих осьосиметричних заготовок (рис.1). Сутність методу полягає в тому, що всередину пустотілої циліндричної втулки 3 вставляється фасонна оправка 2, що являє собою тверде загартоване осердя (HRC 70), яке має поздовжні пази. Лінійні індентори (також загартовані), з різними кутами при вершинах 2а, вставляються в пази по ковзаючій посадці. Така конструкція дає можливість регулювати висоту виступів клинів набором твердих прокладок, розташованих в пазах сердечника. Матриця 1 робочою кінцевою частиною обтискує зовнішню поверхню втулки під дією штовхача 4, внаслідок чого виникає радіальна течія металу, який, обікаючи лінійні індентори, утворює фасонну замкнуту поверхню. Після проходження матриці по всій довжині втулки, прес вимикають, матрицю разом із втулкою та оправкою вставляють в прий-

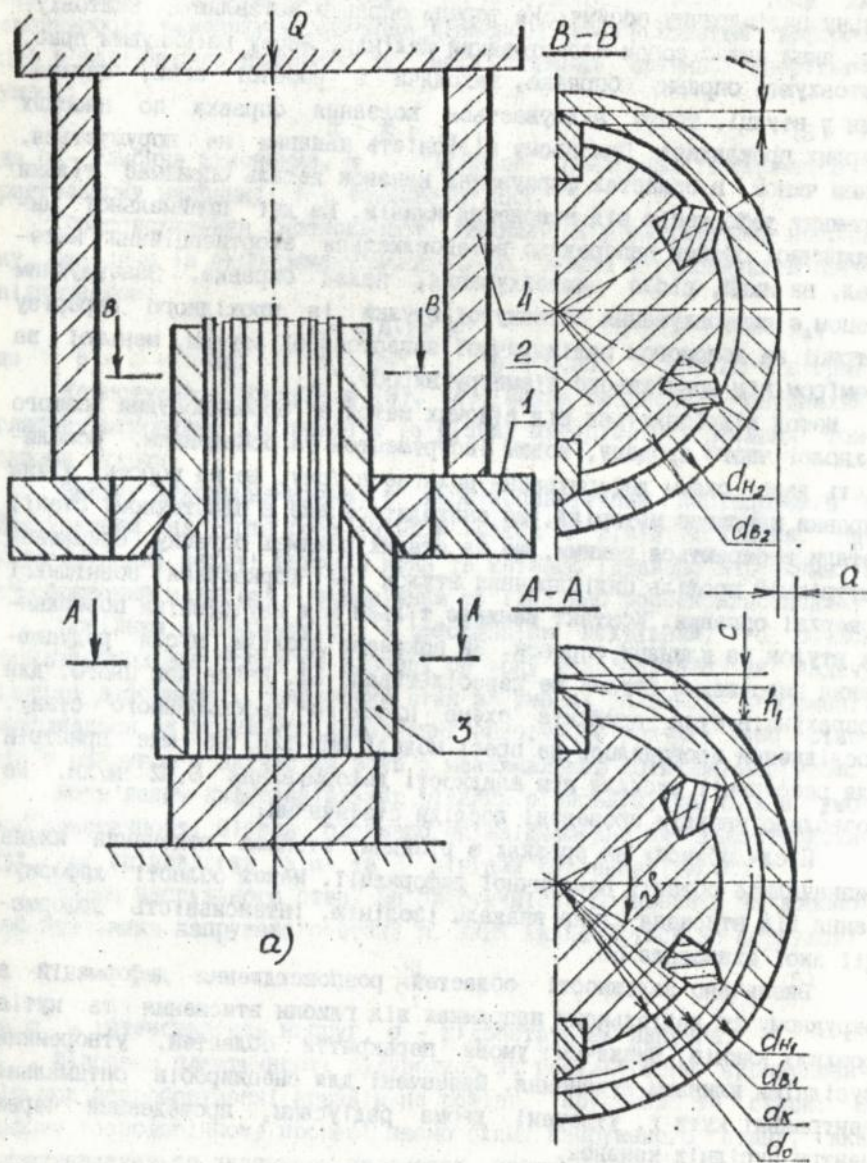


Рис.1. Схема обтиску циліндричної втулки на фасонну оправку.

мальну циліндричну обойму. На торець оправки вставляють виштовхувач, який являє собою загартований циліндр. Знову ввімкнувши прес, виштовхують оправку. Оправка, виходячи з робочої зони, залишає клин у втулці, тобто відбувається ковзання оправки по плоских твердих прокладках. При цьому цілісність канавки не порушується. Таким чином, в областях формування канавок деталей сприймає тільки первинну деформацію від втиснення клинів. На дні прийнятною циліндричної обойми попередньо встановлюється амортизаційний матеріал, на який, після виштовхування, падає оправка. Завершувальним етапом є виштовхування обтиснутої втулки із прохідного перерізу матриці за допомогою циліндричної загартованої втулки, меншої за розміром від зовнішнього діаметру виробу.

Метод відрізняється від відомих методів особливостями самого технологічного процесу, новим інструментом та оснащенням. Особливість даної схеми деформування полягає в тому, що на жорсткі клини оправки напливає матеріал, що знаходиться вже в пластичному стані; натяги вибираються такими, що на сталих режимах обтиску, одержаний внутрішній профіль циліндричних втулок не торкається зовнішньої поверхні оправки. Контакт виникає тільки між внутрішніми поверхнями втулок та клинами оправок. Як показали досліди, після редукування видовження втулок не перебільшувало 5%. Внаслідок цього, для розрахунків була прийнята схема плоского деформованого стану. Дослідження проводились на пресі моделі ПММ-125, що має пристрій для реєстрації зусилля при швидкості деформування 0,02 м/хв. Це дозволило вважати проведені досліди статичними.

Після обтиску на зразках з різними етапами втиснення клина визначались області пластичної деформації. Межею області деформування від втиснення клина вважали ізолінію, інтенсивність деформації якої становила 5%.

Визначено залежності областей розповсюдження деформацій в окружному та радіальному напрямках від глибини втиснення та кутів розхилу клинів. Визначено умови перекриття областей, утвореними сусідніми клинами втиснення. Визначені для спецвиробів оптимальні центральні кути  $\xi$ , утворені двома радіусами, проведеними через центри сусідніх канавок.

При досягненні пластичною деформацією зовнішніх стінок подальший обжим викликає різке зростання твердості внаслідок накла-

дання зворотної хвилі деформації на деформацію обтиску. Тому для спецвиробів важливим є вивчення діапазону розповсюдження деформацій в радіального напрямку по всій товщині стінки. Зберігаючи умову:

$$h + m = t, \quad (3)$$

де  $h$  - глибина втиснення,  $m$  - величина поширення деформацій в радіальному напрямку,  $t$  - товщина стінки.

Розповсюдження інтенсивності деформацій у радіальному напрямку, виходячи із експериментальних даних, можна апроксимувати співвідношенням:

$$m = h \cdot \operatorname{tg} \beta \quad (4)$$

де  $\beta = \alpha + b \cdot 2\alpha$ ;  $\alpha = 34^\circ$ ,  $b = 0,33$ , кут  $2\alpha$  - в град.

Користуючись формулами (3), (4), можна визначити оптимальну глибину втиснення для виробів із різних матеріалів і різними товщинами стінок.

Задачу втиснення клина в жорсткопластичний напівпростір з урахуванням сил тертя розв'язували методом ліній ковзання. При розв'язуванні задачі вважали клин та матрицю ідеально жорсткими, а оброблюваний матеріал - однорідним та ідеально жорсткопластичним.

Оскільки в напрямку осі  $z$  деформацією нехтували, то обтиск циліндричних заготовок на клинову оправку розв'язували як задачу плоскої деформації. Напружений стан в умовах плоскої деформації розглядався як результат накладання всебічного розтягу (або стиску) з напругою  $\sigma$  на чистий зсув з максимальною дотичною напругою.

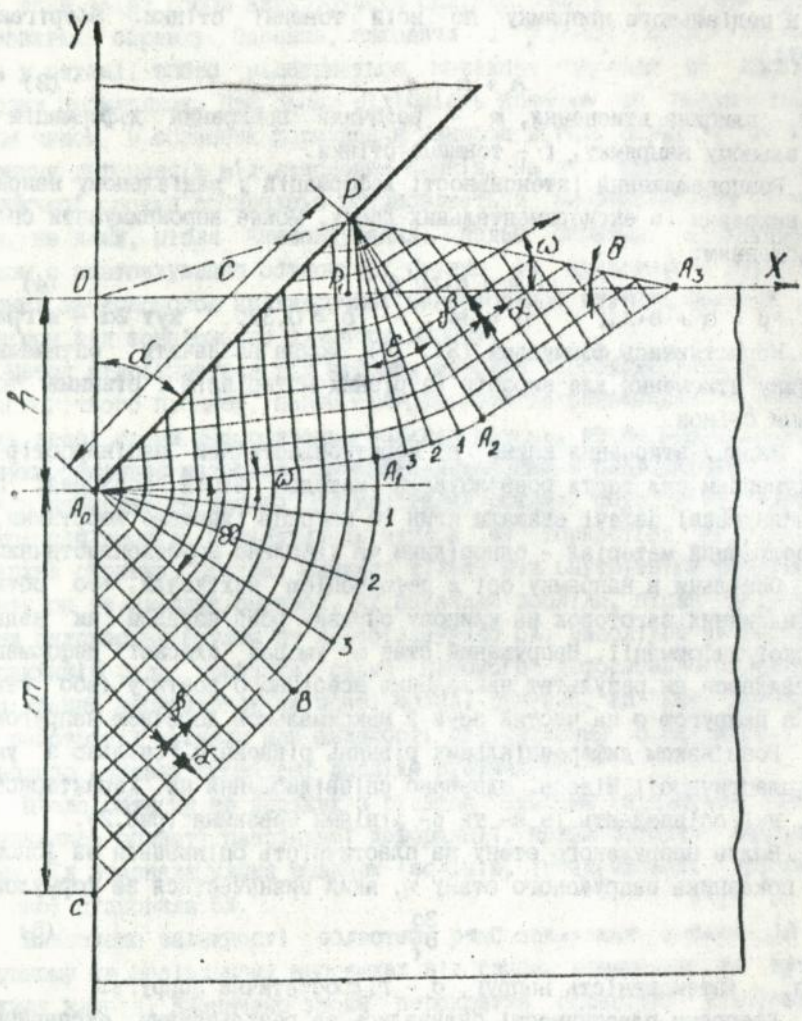
Розв'язком диференціальних рівнянь рівноваги, спільно з умовою пластичності Мізеса, одержано співвідношення на характеристиках, які співпадають із  $\alpha$ - та  $\beta$ - лініями ковзання (рис.2).

Вплив напруженого стану на пластичність оцінювався за допомогою показника напруженого стану  $\eta$ , який визначається за формулою:

$$\eta = \frac{3\sigma}{\sigma_t} \quad (5)$$

де  $\sigma_t$  - інтенсивність напруг,  $\sigma$  - гідростатична напруга.

Діаграми пластичності будувались за результатами експериментів при випробовуванні зразків на розтяг, кручення та стиск. В нашому технологічному процесі маємо схему напруженого стану, яка характеризується значенням параметру напруженого стану  $\eta < 0$ . Використовуючи розрахункові значення гідростатичної напруги  $\sigma$ ,



Гис. 2. Поле ліній ковзання з врахуванням сил тертя при обтиску пластичного металу на клин.

знаходимо параметр  $\eta$  в кожній із областей деформованої зони.

Із аналізу експериментальних досліджень встановлено, що найбільш небезпечною є область  $A_0PA_1$ , (див.рис.2) - область дотику клина втиснення і пластично деформованої втулки. Для цієї області побудували шляхи деформування небезпечних частинок матеріалу при різних кутах  $2\alpha$  і натягах  $\alpha$ . Встановлено, що механічні властивості досліджених матеріалів мало впливають на шляхи деформування частинок в небезпечній області (відхилення складали не більш 5%). Шляхи деформування апроксимували лінійними та степеневими функціями.

В розглянутому технологічному процесі небезпечна зона деформації має складний шлях деформування, тому був використаний критерій деформованості Деля-Огороднікова, який враховує вплив історії деформування:

$$\Phi = \int_0^{e_t} (1+f) \frac{e_t^f \cdot de_t}{e_{np}(e_t)^{1+f}} \leq 1 \quad (6)$$

де  $f = 0,2 \arctg (dn/de_t)$ ;  $e_{np}(e_t)$  - значення діаграми пластичності, що відповідає значенню  $e_t$  шляху деформування.

Для кожного із шляхів деформування визначений використаний ресурс пластичності для різних матеріалів, геометричних та технологічних факторів процесу. Для розрахунків використовували БОМ СМ 14-20.

Четвертий розділ присвячений визначенню технологічних параметрів процесу одержання канавок, а також розрахунку економічних показників нової технології, рекомендаціям по розробці маловідходного процесу, проектуванню інструмента, розрахунку заготовки.

Виходячи із характеристик точності обробки заготовок, встановлено, що метод малопридатний для одержання канавок, глибина яких менша ніж 0,1.. 0,15 мм, але для більших глибин він достатньо ефективний.

Дослідження схильності матеріалу до руйнування під тиском проводилось, виходячи із величини областей поширення деформацій в радіальному та осьовому напрямках. Досліджено області зміни текстури, визначено області розподілу твердості HV та інтенсивності деформацій  $e_t$ .

Встановлено, що незалежно від виду деформованого матеріалу, в

зоні деформації різко змінюється характер розташування зерен металу, їх форма, розмір та орієнтація. В областях, де відсутня пластична деформація, структури складаються із рівноосних зерен, розташованих рівномірно без визначеної орієнтації. Навпаки, в області контакту клина з металом має місце 100% текстурованість зерен, які повернуті осями максимальної міцності паралельно площині контакту. В області вершини канавки спостерігається злом текстури волокон, тут форма зерен найбільш змінена. Характер травлення тіла витягнутих деформованих зерен свідчить також, що виникло зміщення окремих частин кристалів один відносно одного з утворенням ліній зсуву. У віддалених областях дотику клина зерна залишали початкову форму. Встановлено, що області розвинутої пластичної деформації, що визначались по твердості, добре співпадають із зміною області текстури зерен (відхилення не більш як 10%), що свідчить про вірність вибору методу дослідження.

Енергію вибуху речовини начинки спецвиробу можна умовно поділити на дві частини. Одна із цих частин витрачається на руйнування оболонки спецвиробу, друга - на надання кінетичної енергії осколкам. Розв'язувалась задача перерозподілу енергії за рахунок зменшення енергії руйнування оболонки. Запропонований метод дозволяє створювати не тільки концентратори напруг, а й змінювати фізико-механічні характеристики матеріалу оболонки в бажаному напрямку.

Враховувалось, що чим більший використаний ресурс пластичності досягається в матеріалі оболонки при нанесенні канавок, тим менша енергія необхідна для подальшого руйнування виробу по лініях таких канавок.

Встановлено, що використаний ресурс пластичності виробу залежить в основному від матеріалу (діаграм пластичності) і від кута розхилу клину втиснення  $2\alpha$ . Розрахунки на ЕОМ показали, що оптимальним являється кут  $2\alpha = 130^\circ$ .

Визначені прийоми вибору матеріалів для різних потреб використання спецвиробів.

Використовуючи формули Ламе та теорії міцності максимальних дотичних напруг, проведені розрахунки розмірів безпечної та надійної матриці обойми.

На основі проведених досліджень визначена послідовність виготовлення спецвиробів.

## ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Вперше розроблена технологія отримання поздовжніх канавок трикутного профілю на внутрішніх поверхнях циліндричних виробів методом холодного пластичного деформування, що дозволяє одержувати вироби із заданими функціональними властивостями в області втиснення клина. Метод відрізняється від існуючих більшим КВМ, зниженням зусиль обтиску в 2...2,5 разу, можливістю одержання технологічних канавок від 0,3 до 3 мм.

2. Вперше досліджено НДС матеріалу, що знаходиться в пластичному стані при втисненні в нього клина з урахуванням сил тертя. Теоретично доведено та експериментально встановлено, що найбільш небезпечною є область контакту клина з досліджуваним матеріалом. Для небезпечної області побудовані шляхи деформування частинок матеріалу.

3. Запропоновано метод силового розрахунку інструмента (матриці та обоями матриці) в залежності від заданих фізико-механічних властивостей та технологічних параметрів отримуваних виробів: зазору, натягу, кута розхилу при вершині клина, глибини втиснення, зміщення та твердості.

4. Проведеними дослідженнями підтверджена можливість використання критерію деформованості Деля-Огороднікова для розрахунку використаного ресурсу пластичності. Показано, що руйнування спецвиробів відбувається в першу чергу в тих областях, де матеріал максимально вичерпав ресурс пластичності.

5. Дослідження проведено на спецвиробах, геометричні параметри яких змінюються в межах: зовнішній діаметр від 80 до 150 мм; товщина стінки від 6 до 20 мм; глибина втиснення клина від 0,5 до 3 мм; кут розхилу клина втиснення від 30 до  $150^{\circ}$ . Теоретично та експериментально доведено, що оптимальними технологічними параметрами процесу одержання канавок на внутрішніх поверхнях спецвиробів є кут розхилу клина втиснення  $2\alpha = 130^{\circ}$ ; кількість ( $n$ ) поздовжніх канавок досліджуваних заготовок  $n \leq 10$ ; глибина канавки  $\bar{h} = 0,6$  (тут  $\bar{h}$  - відношення глибини канавки до товщини стінки циліндричної заготовки).

6. Досліджено матеріали з твердістю від 5 до 250 НВ, з різним ступенем холодного зміщення та різною чутливістю матеріалів до

зміни показника напруженого стану (по В.А.Огороднікову). Розроблений метод оцінки придатності матеріалу до можливості використання його для виготовлення спецвиробів з різними службовими характеристиками.

7. Розроблені практичні рекомендації для розробки маловідходного технологічного процесу виготовлення спецвиробів, що включають: вибір марки матеріалу та розмірів заготовки; оптимальної глибини втиснення в залежності від товщини стінки, натягу, кількості проходів; кількості клинів та кута при вершинах; використаного ресурсу пластичності в залежності від відносної глибини втиснення.

8. В результаті проведення дослідів розроблена нова технологія одержання поздовжніх канавок на внутрішніх поверхнях циліндричних втулок, яка впробована при експлуатації дослідно-промислової партії виробів. Економічний ефект на рік від впровадження процесу у виробництво складає 6300 крб. на 1000 деталей за цінами 1990 року.

Головні результати роботи подано у таких публікаціях:

1. Посвятенко Э.К., Нахайчук О.В. Влияние геометрии линейного индентора на глубину внедрения // Тез.докл.обл.науч.-техн.конф.-Винница: Винницкий политехн.ин-т, 1990. С.63.

2. Нахайчук О.В. Влияние погрешностей изготовления и сборки на работоспособность подшипникового узла шестеренной гидромашин в гидроагрегатах автомобилей и сельскохозяйственных машин // Тез. докл.обл.науч.-техн.конф.- Винница: Винницкий политехн.ин-т, 1990. С.82.

3. Нахайчук О.В. Расчет технологических параметров внедрения клинового индентора в полубесконечное пространство / Деп. в Укр.НИИ НТИ, № 1981-УК90 06.12.90 г. - 11 с.

4. Нахайчук О.В. Напряженно-деформированное состояние пластичного металла при внедрении клинового индентора // Тез.докл. науч.-техн.конф. "Вибротехнология" стран СНГ. - Винница: Винницкий сельскохозяйственный ин-т, 1992. С.89.

5. Нахайчук О.В., Бандура В.Н. Определение использованного ресурса пластичности при обжатии полей осесимметричных цилиндрических деталей на фасонную оправку // Тез. докл. обл. науч.-техн. конф.- Винница: Винницкий политехн. ин-т, декабрь 1992. С.97-98.

6. Нахайчук О.В. Упрочнение материала при обжатии втулок на оправку с продольными клиньями // Тез. докл. обл. науч.-техн. конф. - Винница: Винницкий политехн. ин-т, декабрь 1992. С.112.

7. Нахайчук О.В., Посвятенко Э.К., Лунгол И.В. Напряженное состояние цилиндрических заготовок при обжатии на клинковой оправке / Деп. в Укр. ИНТЭИ. 18.02.93. № 187-УК93. - 11 С.

8. Нахайчук О.В. Ресурс пластичности цилиндрических втулок при обжатии на клинковой оправке / Деп. в Укр. ИНТЭИ. 25.02.93. № 278-УК93. - 10 С.

9. Лунгол И.В., Нахайчук В.Г., Нахайчук О.В. Дослідження силових факторів при обжиму циліндричних втулок на клинову оправку // Тези доп. Першої міжвузівської наук.-техн. конф. "Наука - ринковий економіці" - Вінниця: Вінницький держ. сільгосп. ін-т, 1993. С.111.

10. Нахайчук О.В. Моделювання процесу обжиму втулок на плоских зразках // Тези доп. Першої міжвузівської наук.-техн. конф. "Наука - ринковий економіці" - Вінниця: Вінницький держ. сільгосп. ін-т, 1993. С.112.

*Славко*

Подписано в печать 14.04.94г.

Зак. № 8. Тир. 100 экз.

Печать с/сетная. Бумага типографская № 1.

СКТБ "Модуль", Хмельницкое шоссе, 97а.



AB 29.719  
**AB 29.719**