

ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

*На правах рукопису*

ЛЮБІН МИКОЛА ВОЛОДИМИРОВИЧ



**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЛАСТИЧНОГО ФОРМУВАННЯ  
ВНУТРІШНЬОЇ МЕТРИЧНОЇ РІЗІ  
ІНСТРУМЕНТОМ З РАДІАЛЬНИМ ПЕРЕМІЩЕННЯМ  
ДЕФОРМУЮЧИХ ПЛАСТИН**

*Спеціальність 05.03.05  
"Процеси і машини обробки тиском"*

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук

Вінниця 1997

620.22

AB 36.963

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00760999 (1)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Вінницькому державному технічному університеті на кафедрі "Опору матеріалів та технології підвищення зносостійкості"

Науковий керівник — доктор технічних наук, професор  
ОГОРОДНІКОВ ВІТАЛІЙ АНТОНОВИЧ

Науковий консультант — кандидат технічних наук, доцент  
НАХАЙЧУК ВІКТОР ГРИГОРОВИЧ

Офіційні опоненти — доктор технічних наук, професор Розенберг Олег  
Олександрович, начальник відділу інституту надтвердих матеріалів  
Академії Наук України.  
— кандидат технічних наук, доцент Савчинський Іван Григорович

Провідна організація — Інститут проблем матеріалознавства Академії Наук  
України, м.Київ

Захист дисертації відбудеться " 14 " 03 1997р. о 14<sup>00</sup> годині  
на засіданні спеціалізованої вченої ради К 10.01.02 у Вінницькому державному  
технічному університеті за адресою: 286021, м.Вінниця, вул.Хмельницьке шосе, 95.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ВДТУ, за вказаною адресою.  
а. 210 ГУК

Автореферат розісланий " 3 " 02 1997р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,  Дерібо О.В.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність.** Більше 60% деталей сучасних машин і механізмів мають різьбові отвори. Нарізання різьей мітчиками, особливо в високопластичних сталях, є складною технічною операцією. Одним з прогресивних напрямків у сучасній технології машинобудування є розробка та впровадження процесів обробки деталей без знімання стружки. Велику ефективність, зокрема, забезпечує метод пластичного деформування при виготовленні зовнішніх різьбових поверхней.

Виготовлення внутрішніх різьей є більш складною технологічною задачею. Різі, виготовлені пластичним деформуванням, порівняно з нарізаними, мають більшу продуктивність виготовлення, збільшують довговічність деталей, руйнуються при більших навантаженнях. Розробка прогресивного інструменту для виготовлення внутрішніх різьей пластичним деформуванням є важливим завданням. Особливо це стосується діаметрів більше M20, так як внутрішні різі до M20 є задачею більш менш вирішеною. Такі різі видавлюють безстружечними мітчиками.

Таким чином, актуальність дисертаційної роботи обґрунтовується необхідністю:

- відшукати доступний для виробництва спосіб виготовлення внутрішніх різьей діаметром більше M20 пластичним деформуванням;
- розробити технологічний процес, який забезпечував би геометричні та фізико-механічні характеристики різі;
- розробити інженерну методику розрахунку запасу пластичності при видавлюванні внутрішніх різьбових отворів.

**Метою дисертаційної роботи** є підвищення ефективності отримання внутрішніх різьей діаметром більше M20 пластичним деформуванням, розробка конструкцій різьєутворюючого інструмента, який прогнозував би якість одержаної різі шляхом оцінки використаного ресурсу пластичності металу заготовки. На основі дослідження механіки процесу виробити рекомендації по основних параметрах технологічного процесу та конструкціях різьєутворюючого інструменту.

Для реалізації даної мети було розв'язано ряд питань, з яких на захист виносяться:

- спосіб виготовлення внутрішніх різьей інструментом з радіальним переміщенням деформуєчих елементів;
- конструкції різьєутворюючого інструменту для здійснення даного способу;

—експериментальні дослідження процесу виготовлення внутрішніх різей інструментом з радіальним переміщенням деформуючих елементів;

—методика інженерного розрахунку напружено-деформованого стану при видавлюванні внутрішніх різей;

—результати досліджень механіки процесу;

—розрахунковий апарат, що дає змогу оцінити використаний ресурс пластичності матеріалу, при виготовленні метричної різі;

**Наукова новизна роботи.** Вперше розроблено спосіб виготовлення внутрішніх різей пластичним деформуванням інструментом з радіальним переміщенням деформуючих елементів. Розроблено нові конструкції різеутворюючого інструменту для виготовлення внутрішніх різей М42, М48, М56. Розроблено методику розрахунку напружено-деформованого стану при видавлюванні внутрішніх метричних різей, одержані поля напруг в процесі видавлювання внутрішніх різей.

Вперше було розраховано використаний ресурс пластичності матеріалу заготовки при видавлюванні внутрішніх метричних різей.

Проведені на основі розрахунку напружено-деформованого стану дослідження дали змогу прогнозувати можливість видавлювання внутрішніх різей різних кроків в різних машинобудівних матеріалах з прогнозованим ресурсом пластичності без трудомістких досліджень.

**Практична цінність.** Розроблені ефективні конструкції різеутворюючого інструменту для отримання внутрішніх метричних різей діаметром більше М20 пластичним деформуванням.

На основі проведених досліджень розроблено аналітичний метод розрахунку напруженого стану при видавлюванні внутрішніх різей інструментом з радіальним переміщенням деформуючих елементів.

Проведені експериментальні дослідження по працездатності даного інструменту дали змогу уточнити аналітичну залежність крутного моменту від параметрів технологічного процесу, що, разом з рекомендаціями по проектуванню різеутворюючих інструментів, дозволяє спроектувати лобий інструмент без трудомістких досліджень.

Запропоновані рішення по визначенню ресурсу пластичності дають змогу виготовити внутрішні різі з прогнозованим ресурсом пластичності.

**Апробація роботи.** Основні положення дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на конференціях та семінарах: першій міжнародній НТК

"Совершенствование и развитие отделочно-зачистной, финишной и поверхностной пластической обработки деталей" (Винница, 21-24 сентября 1992 г.); міжнародній НТК "Проблемы и перспективы создания свеклоуборочной техники" (Винница, 27-30 мая 1996 г.); на другій міжвузівській конференції "Наука в період реформування економіки" (Вінниця, сільськогосподарський інститут 1996 р.); а також - на наукових семінарах кафедри опору матеріалів та технології підвищення зносостійкості ВДТУ (Вінниця, 1994-1996рр.); на науковому семінарі факультету механізації сільського господарства ВДСГІ (Вінниця, 1996р.).

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 18 друкованих робіт, з них - 10 зареєстрованих авторських свідоцтв.

Автор з вдячністю віддає шану доценту, к.т.н. Урлапову Г.П. за допомогу при написанні перших робіт дисертації.

**Структура та об'єм дисертації.** Робота складається зі вступу, п'яти розділів, основних висновків та семи додатків. Містить 148 сторінок машинописного тексту, 78 рисунків, 19 таблиць, список літератури з 122 джерел.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У першому розділі** проведено аналіз способів виготовлення внутрішніх різей методом пластичного формозмінення. Проаналізовано роботи відомих вчених та їх шкіль: М.В.Соколова, В.І.Загурського, М.П.Писарівського, Ю.Л.Фруміна, В.М.Меньшакова, І.В.Рижова, Г.П.Урлапова та інших. Роботи цих авторів внесли значний вклад у вивчення процесу накатування та видавлювання різьбових профілів і тим самим сприяли широкому промислового впровадженню цього прогресивного технологічного способу обробки металів тиском.

Аналіз вітчизняних та зарубіжних робіт показує, що найбільш поширеними для видавлювання є метричні різі М2...М20, які, як правило, мають крок 0,4 ... 1,75 мм. Збільшення кроку потребує значних крутних моментів, що значно знижує стійкість інструменту, а інколи приводить до його поломки.

Однак, в промисловості широко використовують деталі, які мають внутрішню різь більшу М20. Технологія виготовлення таких різей існуючими способами малопродуктивна та складна. Такий стан вирішення даного технологічного процесу не може задовільнити нашу промисловість, тому існує необхідність розробки нових способів виготовлення внутрішніх різей середніх діаметрів.

Крім того, аналізуючи існуючі методи формоутворення внутрішніх метричних різей, відмітимо, що однією з найбільш важливих проблем пластичного деформування є можливість розрахунку енергосилових параметрів. Такі задачі в якійсь мірі вирішені у працях вищезгаданих вчених, але на сьогодні відсутня інформація про граничні формозмінення, відсутні дані про вплив властивостей матеріалів на використаний ресурс пластичності металів при видавлюванні внутрішніх різей.

Методи оцінки деформованості металів висвітлені, головним чином, в роботах Г.А.Смірнова-Аляєва, В.Л.Колмогорова, Г.Д.Деля і В.А.Огороднікова. Для оцінки деформованості заготовки за допомогою існуючих критеріїв необхідно мати повну інформацію про напружено-деформований стан в небезпечній області деформування металу, іншими словами, необхідно мати інформацію про всі компоненти тензора напружки та про ступінь деформації на всіх стадіях процесу деформування внутрішньої різі.

Все вищезказане обумовлює необхідність досліджень та розробки нових методів формоутворення внутрішніх метричних різей середніх діаметрів, а також досліджень кінематики процесу з метою розробки методу оцінки спроможності матеріалу до пластичного деформування при видавленні внутрішніх різей без бракованих ознак у вигляді тріщин.

**В другому розділі** проведені експериментальні дослідження процесу утворення внутрішніх різей методом пластичного деформування інструментом з радіальним переміщенням деформуючих пластин. В ході експерименту було опробовано слідуєчий спосіб формоутворення внутрішніх різей пластичним деформуванням (рис.1). В попередньо підготовлений отвір 1 деталі опускають інструмент, який містить рівномірно розташовані деформуючі пластини 2, довжина яких на декілька кроків різі більша висоти деталі. До деформуючих пластин 2 прикладаються рівні по величині сили  $F$ , під дією яких вони починають поступово вдавлюватися в поверхню отвору по всій довжині. Одночасно з прикладанням сили, інструменту (пластинам) надають обертового руху. Вершина різьбового профілю, який затилований, вдавлюється в поверхню отвору, витискаючи метал, який переміщується в радіальному напрямку, утворюючи тим самим профіль різі. При загальній кількості пластин  $n$  повний профіль різі може бути виготовлений за  $2/n$  обертів інструменту (це найменша кількість) при умові, що сили, прикладені до деформуючих пластин, вдавлюють їх на необхідну величину.

Для проведення експериментальних досліджень були виготовлені інструменти до вертикально-свердлильного станка моделі 2Н135 для виготовлення різей М42, М48, М56 з кроком різі Р: 1,0; 1,5; 2,0. Затилровку різьбових пластин здійснили за допомогою комбінованого кулачка. Кількість деформуючих пластин, виготовлених із сталі Р6М5, складала 3 і 4.

На рис.2, як приклад, зображено інструмент, який відповідає принциповій схемі (рис.1) для утворення внутрішньої різі пластичним деформуванням.

Інструмент складається з таких основних деталей: 1 - корпус, що кріпиться до пінолі станка, 2 - деформуючі пластини, які рівномірно розміщені в похилих пазах стакану 3. Стакан через шпонку з'єднаний з можливістю переміщення на величину S з чашкою 4, яка, в свою чергу, кріпиться до шпінделя станка. На стакані 3 розміщена різьбова пара 5, яка переміщує стакан в осьовому напрямку, а стакан за рахунок пазів переміщує деформуючі пластини в радіальному напрямку.

Якщо буде вибраний зазор S, деформуючі пластини розійдуться на максимальну величину, різьбовий діаметральний розмір їх відповідатиме необхідним параметрам внутрішньої різі.

В розділі представлено методику та результати експериментальних досліджень, метою яких було: перевірити працездатність розроблених конструкцій інструменту; виявити вплив різних технологічних параметрів на величину крутного моменту при видавлюванні внутрішньої різі.

Дослідженнями встановлено, що радіальна подача пластин значно впливає на величину крутного моменту, що при зміні радіальної подачі від 0,21 мм/об до 0,42 мм/об, величина крутного моменту збільшується приблизно на 60%.

Найменший крутний момент при видавлюванні внутрішньої різі в досліджуваних матеріалах забезпечують мастила, що містять активні компоненти: В-35, олеїнова кислота. Правильно підібрані мастила зменшують крутний момент більш, ніж у 2 рази, наприклад, олеїнова кислота проти 3% суспензії. Сульфозфрисло збільшує крутний момент проти олеїнової кислоти в 1,6 рази.

На величину крутного моменту впливає матеріал, в якому видавлюється внутрішня різь. При виготовленні різі в сталі 12Х18Н10Т крутний момент в 1,5 рази більший, ніж у сталі 10, а у сталі 20 — в 1,3 рази більший, ніж у сталі 10.

Величина крутного моменту практично пропорційна діаметру різі, що видавлюється, а також висоті заготовки, в якій деформують різь.

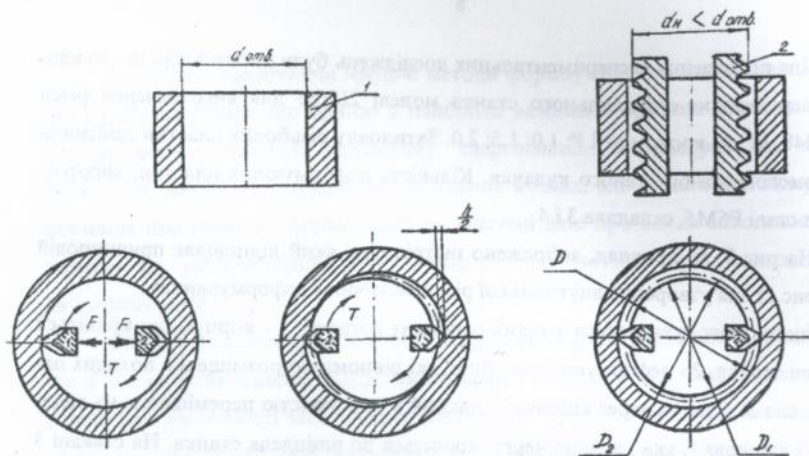


Рис. 1. Спосіб виготовлення внутрішніх різей

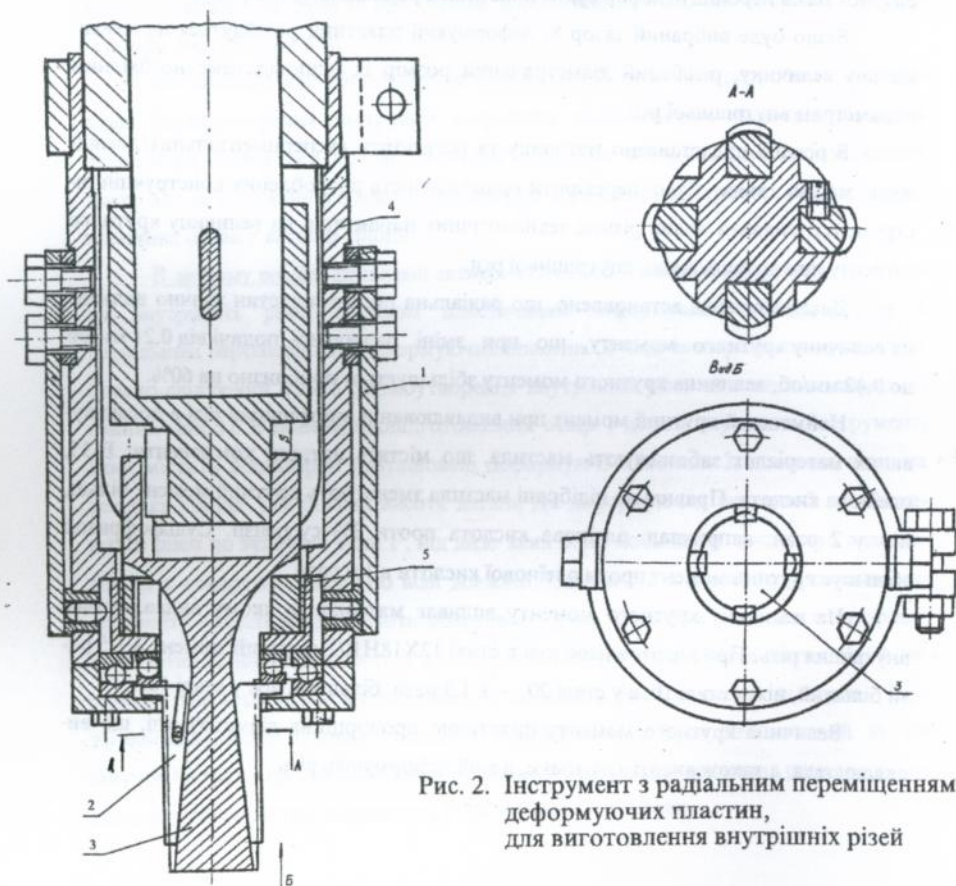


Рис. 2. Інструмент з радіальним переміщенням деформуючих пластин, для виготовлення внутрішніх різей

Статична міцність видавленої різи в сталі 12X18H10T в середньому на 20% більша, ніж нарізаної.

Точність видавлюваної різи в значній мірі залежить від точності виготовленого інструменту. При 5 квалитеті виготовлення основних деталей розміри холодновидавленої різи, порівняно з нарізаною, більш стабільні та знаходяться в полі допуску різи 7H, 7G.

На основі проведених експериментальних досліджень та теоретичного аналізу вдалося уточнити аналітичну залежність крутного моменту від технологічних факторів.

**В третьому розділі** досліджено напружено-деформований стан (НДС) циліндричних заготовок, в яких видавлювали метричну внутрішню різь.

Для дослідження НДС в пластичній зоні нами був застосований метод вимірювання твердості, суть якого полягає в наступному. Випробуванням досліджуваних матеріалів на розтяг, стиск та кручення на різних стадіях деформування вимірювали твердість та будували тарировочні графіки "інтенсивність напруг - твердість - інтенсивність деформацій". На внутрішніх поверхнях циліндричних заготовок поетапно видавлювали різбовий профіль. На кожному етапі деформування із заготовок вирізали дослідні зразки. В різних точках зони пластичного деформування зразків вимірювали мікротвердість  $H_{200}$ . Мікротвердість при проведенні наших досліджень залежить від деяких основних факторів, вплив яких нами врахований. Було сплановано (по методу багатофакторного експерименту) та статистично оброблено результати впливу на мікротвердість трьох факторів: глибини заглиблення пластин  $h$ , радіальної подачі пластин  $S_p$ , кількості пластин, що деформують різь ( $m$ ). В кожній серії дослідів визначали розподілення в пластичній зоні інтенсивності напруг ( $\sigma$ ) і інтенсивності деформацій ( $\epsilon$ ).

Початковий етап видавлювання внутрішньої різи аналогічний процесу заглиблення жорсткого клину у змінюваний напівпростір. Зона пластичної деформації в такому процесі утворюється під вершинами та шостою клинців заглиблення. Задача заглиблення клину в жорстко-пластичний напівпростір нами примінена лише на початковому етапі видавлювання внутрішньої різи. При розрахунках були прийняті деякі допущення, що дали змогу рішити задачу з достатньою достовірністю.

Компоненти тензора напруг визначили шляхом рішення системи рівнянь рівноваги спільно з рівнянням пластичності Мезіса, методом характеристик. При плоскій деформації характеристики співпадають з лініями ковзання.

Найбільш небезпечною є зона дотику клина та пластичного матеріалу. Гідростатичну напругу в цій зоні визначили рівнянням:

$$\sigma = -k(1 - 2\theta - 2\alpha - 2\delta), \quad (1)$$

де  $k = \sigma_1 / \sqrt{3}$  — величина, яка кількісно характеризує кут напливу металу при заглибленні клину різі (рад);  $\alpha$  — половина кута профілю метричної різі (рад);  $\delta$  — кут тертя (рад).

Кут тертя для матеріалу, який не стискається, визначали дослідним шляхом.

Нами були розраховані компоненти тензора напруг в найбільш небезпечній зоні при заглибленні різьбових пластин з кутом при вершині  $2\alpha = 60^\circ$  в заготовках із сталі 10, сталі 20 та нержавіючої сталі 12X18H10T. При видавленні різі була застосована мастильно-охолоджуюча рідина (МОР) - олеїнова кислота.

Аналізуючи результати досліджень, слід відмітити, що початковим етапом можна рахувати ту стадію, коли зони пластичного деформування від поряд розташованих (через крок різі) клинців не перекриваються.

Перекриття пластичних зон у заготовках відбувається при заглибленні деформуючих пластин на глибину  $h_0 \approx 0,12P$ , де  $P$  — крок різі.

Встановлено, що кут тертя  $\delta$  в процесі видавлення внутрішнього профілю метричної різі залишається практично однаковим. В наших дослідях при видавлюванні внутрішніх метричних різей з приміненням МОР - олеїнова кислота кути тертя склали: для заготовок зі сталі 10 —  $2^\circ$ , сталі 20 —  $4^\circ 30'$ , нержавіючої сталі 12X18H10T —  $9^\circ$ .

Гідростатичну напругу при початковому етапі видавлення внутрішньої різі на вільній поверхні запливаючого металу між клинами різі визначили співвідношенням:  $\sigma = -k$ .

На послідовних і, особливо, кінцевому етапах деформування внутрішньої різі для розрахунку НДС метод ліній ковзання застосовувати небажано, оскільки лінії ковзання від поряд розташованих клинців перекриваються, що може привести до грубих помилок при розрахунку напруженого стану деформованого матеріалу.

Для розрахунку напруженого стану на кінцевих етапах деформування розглядалося пластичне протікання металу в плоскому каналі, що має форму

збіжного клину з центральним кутом  $2\alpha$ . Протікання металу, що знаходиться в пластичному стані, в такому каналі наближено можна рахувати сталим лише на завершальному етапі процесу видавлювання. На завершальному етапі в металі виникають найбільші напруги та деформації, що викликає великий інтерес з точки зору оцінки деформованості заготовки при видавленні внутрішньої різи.

Компоненти тензора напруг визначили в циліндричній системі координат  $\rho, \theta, z$  з центром на вершині збіжного клину по формулах:

$$\sigma_r = \sigma + k \cos 2\varphi; \quad \sigma_\theta = \sigma - k \cos 2\varphi; \quad \tau_{r\theta} = k \sin 2\varphi; \quad (2)$$

де  $\varphi$  — кут між віссю  $r$  і напрямком головної напруги  $\sigma_1$ . Гідростатичну напругу  $\sigma$  в такому випадку визначили:

$$\sigma = 2k \left[ n \cdot \ln \frac{a}{r} - w(\theta) \right] + k, \quad (3)$$

$$\text{де} \quad \theta = \frac{n}{\sqrt{n^2 - 1}} \arctg \left( \sqrt{\frac{n+1}{n-1}} \operatorname{tg} \varphi \right) - \varphi \quad (4)$$

$$w = \frac{n}{2} \ln \frac{n - \cos 2\varphi}{n - 1} \quad (5)$$

Досліджено напружений стан видавленого профілю різи на кінцевій стадії формоутворення в заготовках з досліджуваних матеріалів. В заготовках видавлювали різи М42 з кроком 1,0; 1,5; 2,0 з приміненням МОР - олеїнова кислота. Початком кінцевої стадії при розрахунках по запропонованій методиці вважали такий стан протікання металу, при якому зони деформації доторкались або трохи перекивалися. На цій стадії деформування гідростатичну напругу в області пластичного протікання металу вважали відомою і рівною:  $\sigma = -k$ . Кут тертя  $\delta$  також вважали відомим, його приймали таким, яким він був визначений на початковому етапі деформування різи.

Аналізуючи результати розрахунків компонент тензора напруг на послідовних стадіях видавлювання, помітили, що при деяких значеннях радіуса  $r$  гідростатична напруга змінила знак. Це дало змогу зробити висновок, що метал в процесі видавлення внутрішньої різи з області з м'якою схемою напруженого стану (двоосний тиск) переходить в жорстку (в область розтягу). Такий перехід сприяє виникненню мікро- і макропошкоджень в зоні пластичного деформування. Приведену методику розрахунку НДС використали для розрахунку використаного ре-

сурсу пластичності в технологічному процесі видавлення внутрішньої метричної різі.

**В четвертому розділі** проведена оцінка деформованості заготовок із досліджуваних матеріалів в процесі видавлення внутрішньої метричної різі. В теорії обробки металів тиском під пластичністю розуміють здатність матеріалу до незворотнього формозмінення без руйнування у вигляді макроскопічного порушення (сплошності) стану.

Залежність пластичності від параметра, що характеризує жорсткість схеми напруженого стану, називають діаграмою пластичності. Вплив напруженого стану на пластичність нами оцінювався за допомогою показника напруженого стану  $\eta$ , який визначали співвідношенням:

$$\eta = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{\sigma_i} = \frac{3\sigma}{\sigma_i} \quad (6)$$

Діаграму пластичності будували на основі випробувань стандартних зразків на прості види деформацій, пластичність яких легко визначити.

Побудованими діаграмами пластичності для матеріалів: сталі 10, сталі 20 і сталі 12Х18Н10Т скористалися для оцінки деформування металів в технологічному процесі видавлювання внутрішніх різей. Оцінку деформованості матеріалу заготовки можна здійснити, якщо буде відома залежність показника напруженого стану  $\eta$  від накопиченої інтенсивності деформації  $\epsilon_i$  — ступеню деформації в найбільш небезпечній області деформованого об'єму, яку ще називають шляхом деформування  $\epsilon_i = f(\eta)$ . Коли шлях деформування небезпечної області металу, який обробляється, можна представити траєкторіями (складне деформування), використаний ресурс пластичності розраховують по критеріях, які враховують швидкість зміни показника напруженого стану  $d\eta/d\epsilon_i$ , тобто, історію деформування.

На всіх етапах деформування досліджуваних металів шляхи деформування в небезпечній області заготовки можуть бути представлені функціями  $\epsilon_i = f(\eta)$ , при цьому показник напруженого стану  $\eta$  безперервно змінюється в широкому діапазоні значень:  $-2 < \eta < 1$ . В зв'язку з тим, що шляхи деформування в досліджуваному технологічному процесі можуть бути представлені лініями малої кривизни, які розміщені як у м'якій ( $\eta < 0$ ), так і в жорсткій ( $\eta > 0$ ) області деформування, нами для оцінки використаного ресурсу пластичності був залучений критерій Г.Д.Деля, В.А.Огороднікова, В.Г.Нахайчука, який враховує історію деформування:

$$\Psi = \int_0^{e_i} (1 + f) \frac{e_i^f de_i}{e_p(e_i)^{1+f}} \leq 1, \quad (7)$$

де  $f = 0,2 \arctg \frac{d\eta}{de}$ ,  $e_p(e_i)$  — значення діаграми пластичності, що відповідає значенню  $e_i$  шляху деформування.

Виконано розрахунок ресурсу пластичності по критерію деформування (7) технологічного процесу видавлювання внутрішньої метричної різі в заготовках з різних матеріалів: ШХ15; У8А; Д16; сталь 40, сталь 45, сталь 40Х, сталь 10, сталь 20 та нержавіюча сталь 12Х18Н10Т.

Встановлено, що більшість матеріалів витримують технологічну операцію видавлення метричних різей: М42х1,0; М42х1,5; М42х2,0. Для сталі ШХ15 ресурс пластичності близький до одиниці, при видавленні різі М42х2,0. Такі матеріали як Д16, сталь 40, сталь 45, сталь 40Х не можуть витримати технологічну операцію холодного видавлювання внутрішніх різей: М42х1,5; М42х2,0. Розрахунки показують повне вичерпання ресурсу пластичності, отож, метал при деформації не витримує технологічної операції по заданих режимах, має місце руйнування металу.

Розглянуті в дисертаційній роботі матеріали: сталь 10, сталь 20 і сталь 12Х18Н10Т мають відповідно сумарний використаний ресурс пластичності  $\Psi_{(10)} = 0,465$ ;  $\Psi_{(20)} = 0,51$ ;  $\Psi = 0,36$  для різі М42х2,0. Слід відмітити, що, незважаючи на більшу схильність до зміцнення і більш високі енергетичні витрати при деформації сталі 12Х18Н10Т, використаний ресурс пластичності цієї сталі менший, ніж сталей С10 та сталі 20. Це, на нашу думку, пов'язано з більш високою деформацією зсуву, а також з більш високим коефіцієнтом чутливості пластичності до зміни схеми напруженого стану.

Представлені в дисертаційній роботі результати розрахунку шляхів деформування матеріалів при видавлюванні внутрішніх різей М42, з кроками Р: 1,0; 1,5; 2,0 дозволяють за допомогою критерія деформованості оцінити запас пластичності для лубих інших матеріалів без проведення спеціальних дослідів, якщо діаграми пластичності для них відомі. Це дає змогу суттєво скоротити розробку технології виготовлення внутрішніх метричних різей.

У п'ятому розділі представлена методика розрахунку основних деталей інструмента з радіальним переміщенням пластин для видавлювання метричних різей: ширини та висоти деформуючих пластин, глибини та довжини пазів стакану, на якому розміщуються пластини, а також — запобіжного пристрою. Дані рекомен-

дації по розробці технологічного процесу виготовлення внутрішніх різей розробленим інструментом.

**Закінчення** містить формулювання суті, наукової новизни та практичної цінності результатів досліджень.

**Додатки** містять документи про впровадження роботи, а також результати комп'ютерних розрахунків.

## **ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ**

1. Розроблено і запропоновано до промислового впровадження новий спосіб виготовлення внутрішніх різей більше M20 інструментом з радіальним переміщенням деформуючих пластин.

2. Досліджено вплив конструктивних параметрів на величину крутного моменту: величини затилування, радіальної подачі деформуючих пластин, величини діаметрів під відповідну різь, мастильно-охолоджуючої рідини, матеріалів заготовок, швидкості видавлювання різей, а також параметрів різей, що виготовляються.

3. Досліджено напружено-деформований стан (НДС) металу при видавлюванні внутрішніх метричних різей. НДС на початковому етапі видавлювання визначали методом ліній ковзання з приміненням методу твердості.

4. Розроблено методику розрахунку НДС на послідовних і кінцевому етапах деформації. В основу аналітичного методу розрахунку закладена модель протікання металу в плоскому каналі, що має форму збіжного клину. Розраховано всі компоненти тензора напруг.

5. Розраховано показник напруженого стану, що дало змогу оцінити використаний ресурс пластичності. Показник напруженого стану  $\eta$  знаходиться в межах  $1 < \eta < -2$ , тобто, матеріал із стану двоосного стиснення переходить до розтягу, що, при певних умовах, може привести до руйнування матеріалу.

6. Досліджено вплив властивостей матеріалів та кроку різей, що виготовляються, на величину використаного ресурсу пластичності. Для розрахунку ресурсу пластичності залучена сучасна феноменологічна теорія деформування металів без руйнування. Показано, що зі збільшенням кроку різі використаний ресурс пластичності зростає.

7. Одержані в роботі діаграми пластичності і траєкторії шляхів деформування частинок матеріалів при видавлюванні внутрішніх метричних різей M42x1; M42x1,5; M42x2 дозволили за допомогою критеріїв деформування оцінити запас

пластичності для любых металів без проведення спеціальних дослідів, якщо для даних матеріалів відомі діаграми пластичності. Це суттєво може спростити технологію виготовлення внутрішніх метричних різей.

8. Одержані результати дали змогу розробити методику розрахунку основних деталей інструмента з радіальним переміщенням деформуючих пластин без проведення громіздких досліджень, що прискорить широке впровадження нового способу в виробництво.

Основні положення і результати дисертації викладені в наступних роботах:

1. Бесстружечный метчик. А. с. 846021 СССР, МКИ<sup>3</sup> В21Н 3/08/ Г.П. Урлапов, Н.В.Любин, Ю.Д.Телега /СССР/. — 4 с.: ил.
2. Бесстружечный метчик. А. с. 863109 СССР, МКИ<sup>3</sup> В21Н 3/08/ Г.П. Урлапов, Н.В.Любин, Ю.Д.Телега /СССР/. — 4 с.: ил.
3. Бесстружечный метчик. А. с. 882690 СССР, МКИ<sup>3</sup> В21Н 3/08/ Г.П. Урлапов, Н.В.Любин, /СССР/. — 4 с.: ил.
4. Устройство для выдавливания резьбы в гайках А.с. 916034 СССР, МКИ<sup>3</sup>, В21Н 3/08 / Г.П. Урлапов, Н.В.Любин (СССР). — 5 с.: ил.
5. Устройство для выдавливания внутренних резьб. А.с. 927397 СССР, МКИ<sup>3</sup>, В21Н 3/08 / Г.П. Урлапов, Н.В.Любин, Ю.Д.Телега (СССР). — 4 с.: ил.
6. Устройство для выдавливания внутренних резьб на деталях. А.с. 975160 СССР, МКИ<sup>3</sup>, В21Н 3/08 / Г.П. Урлапов, Н.В.Любин, Ю.Д.Телега (СССР). — 5 с.: ил.
7. Устройство для получения внутренних резьб на деталях. А.с. 1017430 СССР, МКИ<sup>3</sup>, В21К 3/56; В21Н 3/08 / Г.П. Урлапов, Н.В.Любин, Ю.Д. Телега (СССР). — 4 с.: ил.
8. Устройство для обработки внутренней резьбы А.с. 1958698 СССР, МКИ<sup>3</sup>, В21Н 3/08 / Г.П. Урлапов, Н.В.Любин, В.С.Павленко (СССР). — 3 с.: ил.
9. Устройство для получения внутренних резьб на деталях. А.с. 1411086 СССР, МКИ<sup>3</sup>, В21Н 3/08 /Г.П. Урлапов, Н.В.Любин (СССР).— 6 с.:ил.
10. Устройство для выдавливания внутренних разноименных резьб на полых деталях. А.с. 1773545 СССР, МКИ<sup>3</sup>, В21К 1/56, В21Н 3/08 /Н.В. Любин, В.С.Павленко и др. (СССР). — 8 с.: ил.
11. Урлапов Г.П.. Любин Н.В. Способ получения внутренних резьбовых поверхностей пластическим деформированием, инструментов с радиальным перемещением резьбовых элементов // Совершенствование и развитие отделочно-

зачистной, финишной и поверхностной пластической обработки деталей: Тез. докл. Международной научн. конф. 21-24 сентября 1992 г. Винница, 1992. С. 98.

12. Любин Н.В., Щербацкий Ф.И. Влияние величины радиальной подачи резбовых пластин на величину крутящего момента при получении внутренних резбовых поверхностей пластическим деформированием // Совершенствование и развитие отделочно-зачистной, финишной и поверхностной пластической обработки деталей: Тез. докл. Международной научн. конф. 21-24 сентября 1992 г. — Винница, 1992. С. 99.

13. Огородников В.А., Нахайчук В.Г., Любин Н.В. Напряженное состояние при начальной стадии выдавливания резбовой канавки на внутренней поверхности заготовки // Всеукраїнський науково-технічний журнал. Вибрації в техніці та технологіях. — 1996, № 3, С. 64...68.

14. Огородніков В.А., Нахайчук В.Г., Любін М.В. Напружений стан на кінцевій стадії видавлювання різбових канавок на внутрішній поверхні. / Вісник ВПІ. — 1996, №4

15. Любин Н.В., Нахайчук В.Г. Деформируемость металла при выдавливании внутренних резбовых поверхностей // Проблемы и перспективы создания свеклоуборочной техники: Материалы Международной научно-практич. конф. 27-30 мая 1996 г. — Винница, 1996. С. 179-181.

16. Любін М.В. Крутний момент процесу видавлювання різби інструментом з радіальним переміщенням деформуючих елементів // Науково-технічний прогрес та ринкова економіка: Тези доповіді наукової конференції. — Вінниця: ВДСГІ, 1996 р. — С. 38.

17. Любін М.В. Вплив мастильно-охолоджуючої рідини на крутний момент процесу видавлювання різби великих діаметрів. // Науково-технічний прогрес та ринкова економіка: Тез. доповіді наук. конф. — Вінниця: ВДСГІ, 1996. — С. 39.

18. Любін М.В. Теоретичне обґрунтування визначення оптимальних діаметрів отворів для операцій різбовидавлювання // Всеукраїнський науково-технічний журнал. Вибрації в техніці та технологіях. — 1996, №4.

**Особистий внесок.** В роботах, що написані в співавторстві автору належить: в [1...6] розробка конструкцій для досягнення поставленої технічної мети, в [7...10] — постановка задачі та розробка технічних рішень; в [11...15] — постановка задач

досліджень, розробка методик, виготовлення зразків та проведення експериментів, обробка одержаних результатів.

**Annotation.** Ljubin N.V. Researching of the process of internal metric thread plastic moulding with a radial travel (movement) of deforming (warping) plates instrument. The candidate of technical sciences thesis, speciality 05.03.05 "Processes and machines for plastic metal working". Vinnytsia State Technical University, Vinnytsia, 1997.

18 printed works, containing the results of theoretic and experimental researches on the method of manufacturing internal metric threads with an instrument with moving apart deforming plates, are ready to be defended. The influence of metallic properties and screw parameters on the torque value moment and on the used plasticity resource of the material has been investigated.

The developed methods of resource evaluation allows to evaluate plasticity margin for different materials, plasticity diagrams of which are known. Therefore the internal thread surfaces manufacturing know how with the use of pressing out is significantly simplified.

The industrial approbation of the know - how has taken place.

**Аннотация.** Любин Н.В. Исследование процесса пластического формообразования внутренней метрической резьбы инструментом с радиальным перемещением деформирующих пластин. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.03.05 "Процессы и машины обработки давлением". Винницкий государственный технический университет, Винница, 1997.

Защищается 18 печатных работ, которые содержат результаты теоретических и экспериментальных исследований способа изготовления внутренних метрических резьб инструментом с раздвигающимися деформирующимися пластинами. Исследовано влияние свойств материала и параметров резьбы на величину крутящего момента и использованного ресурса пластичности материала. Разработанная методика оценки ресурса позволяет оценить запас пластичности для любых материалов (диаграммы пластичности которых известны), что существенно упрощает технологию изготовления внутренних резьбовых поверхностей, изготавливаемых выдавливанием.

Осуществлена промышленная апробация разработок.

Ключові слова: видавлення, внутрішня різь, інструмент, деформація, пластичність, момент, напруга, ресурс.

Підписано до друку 20. 01. 1997 року.

Віддруковано у комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі

Вінницького державного технічного університету.

Наклад 100 примірників.



AB 36.969