

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу відновлення валів поверхневим пластичним деформуванням

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МА-41
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Урбанський А.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Ляшук О.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Левкович М.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«24» січня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Урбанському Андрію Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу відновлення валів
поверхневим пластичним деформуванням

Керівник роботи Ляшук О.Л., д.т.н., проф.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2023 року № 4/7-72

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 червня 2023

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес відновлення валів
поверхневим пластичним деформуванням.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Характеристики взаємодії інструменту з поверхнею деталі – А1;

Основні методи поверхневого пластичного деформування – 2А1;

Засоби технологічного оснащення поверхневого пластичного
деформування – 2А1;

Обирунтування принципів схем пристроїв для ППД – А1;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н. доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 24.січня 2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	15.02.2023	
2	Технологічний розділ	08.03.2023	
3	Конструкторський розділ	12.04.2023	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	04.05.2023	
5	Оформлення графічної частини	22.05.2023	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	21.06.2023	

Студент

(підпис)

Урбанський А.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ляшук О.Л.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Розроблення технологічного процесу відновлення валів поверхневим пластичним деформуванням.».

Робота виконана на кафедрі автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра д.т.н., професор Ляшук О.Л.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 57 сторінок формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини 9 сторінок додатків.

Ключові слова: розроблення, технологічний процес, відновлення, вали, поверхнєве пластичне деформування

ЗМІСТ

Вступ	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Обґрунтування типових деталей і поверхонь для зміцнення ППД.....	7
1.2 Обґрунтування принципів схем та основних розмірів пристроїв для ППД.....	9
1.3 Обґрунтування параметрів режиму ППД відновлених деталей.....	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	17
2.1 Класифікація і особливості застосування методів ППД при відновленні деталей.....	17
2.2 Засоби технологічного оснащення.....	22
2.3 Розробка технологічного процесу.....	31
2.4 Розрахунок режимів виконання операцій.....	32
2.5 Порівняльна оцінка економічної ефективності запропонованої технології відновлення валів.....	37
2.6 Визначення собівартості відновлення валів.....	37
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	43
3.1 Конструктивно-технологічні параметри пристрою для відновлення деталей ППД.....	43
3.2 Розрахунок основних елементів пристрою на міцність.....	45
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	48
4.1 Вибір обґрунтування спецодягу та інших індивідуальних захисних пристроїв і засобів захисту для всіх видів професій людей, що працюють в машинобудівному цеху.....	48
4.2 Застосування запобіжних муфт для захисту ріжучого інструменту від поломки.....	50
4.3 Розрахунок запобіжного клапану, встановленого на апараті (машині), що працює з надлишковим тиском.....	52
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	53
БІБЛІОГРАФІЯ	55
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Валі є важливими елементами механізмів і машин, і їхній стан безпосередньо впливає на продуктивність та надійність роботи системи. Проте, внаслідок експлуатації, валі можуть піддаватися різноманітним видам зносу, включаючи механічні ушкодження, зношування та корозію. Це може призводити до зменшення їхньої функціональності та потенційного виходу з ладу.

У зв'язку з цим, розробка ефективного технологічного процесу відновлення валів є важливим завданням для промисловості. Одним із перспективних підходів до відновлення валів є застосування поверхневого пластичного деформування. Цей процес базується на контрольованому навантаженні та деформації поверхні вала з метою виправлення дефектів та відновлення оптимальної геометрії.

Розробка технологічного процесу відновлення валів поверхневим пластичним деформуванням передбачає комплексні дослідження, які включають вивчення властивостей матеріалу вала, розробку оптимальних параметрів деформування, вибір необхідного обладнання та інструментів, а також контроль якості відновленого вала. Правильно розроблений та впроваджений технологічний процес може значно збільшити термін служби валів, знизити витрати на їх заміну та покращити загальну продуктивність технічних систем.

У даному дослідженні метою є розробка ефективного технологічного процесу відновлення валів поверхневим пластичним деформуванням. Це передбачає проведення систематичного аналізу і експериментів з метою визначення оптимальних параметрів та методів деформування, вивчення властивостей матеріалу вала та встановлення критеріїв якості для контролю процесу. Очікується, що результати цього дослідження сприятимуть покращенню технологій відновлення валів та підвищенню ефективності виробничих процесів.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Обґрунтування типових деталей і поверхонь для зміцнення ППД

Сучасна ситуація з ремонтом техніки означає, що основний обсяг робіт, пов'язаних з ремонтом повнокомплектних машин і відновленням деталей, виконується в майстернях на рівні району та господарств. Ймовірно, така ситуація буде продовжуватися й у найближчому майбутньому. Основним обсягом робіт щодо відновлення є відновлення зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхонь, які піддаються тертю при русі і ковзанні. Основними методами відновлення зношених деталей є наплавлення, метод відновлення розмірів і встановлення додаткових деталей.

Ремонтні майстерні РТП і господарства мають обмежену матеріально-технічну базу. Основним обладнанням для обробки металу є токарні верстати, які часто зношені. Більшість підприємств мають проблеми з забезпеченням належної якості відновлених поверхонь в таких умовах. Тому, для ефективного відновлення деталей у таких обставинах, може бути використана обробка ППД.

Технічний стан деталей машин визначається кількістю елементів, з яких кожна деталь складається як конструктивна одиниця. Загалом, кількість цих елементів не перевищує шести і включає такі типи як тертя, опорні, привалочні, передавальні, кріпильні та зв'язні.

Згідно з проведеним аналізом, доцільно зосередитися на дослідженні застосування обробки ППД при відновленні деталей класу "тіла обертання". Серед цих деталей найбільшу частку складають циліндричні зовнішні та внутрішні поверхні, які становлять близько 50% від загальної кількості поверхонь (див. рис. 1.1).

У класі "тіла обертання" конструктивно-технологічна група деталей включає різні підкласи, такі як точні циліндричні деталі, вали і осі, гнізда підшипників, гільзи, диски, ролики та деталі з зубчастими поверхнями.

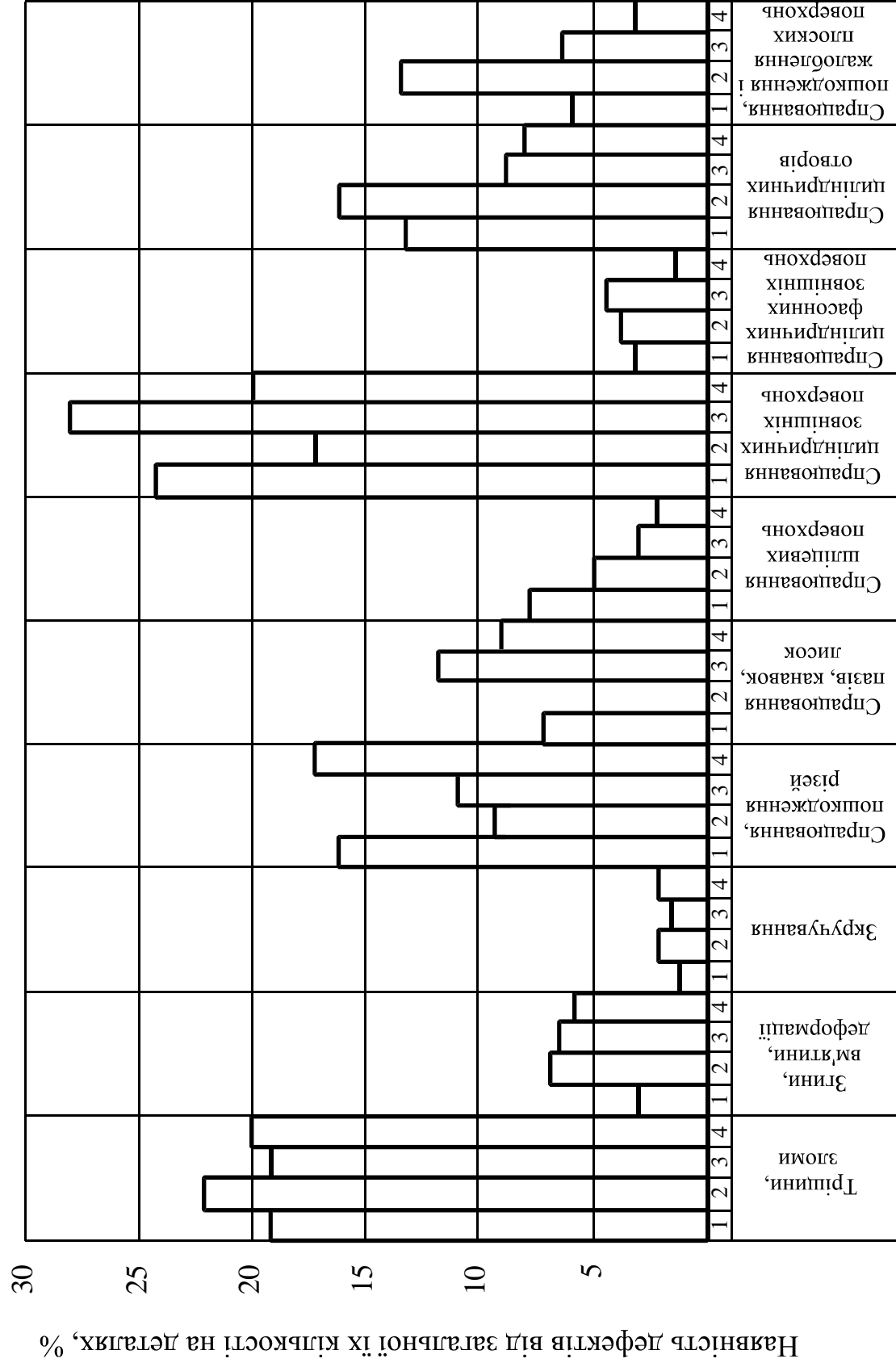


Рисунок.1.1 – Наявність дефектів на основних конструктивних елементах деталей машин:

1 – трактори; 2 - автомобілі; 3 – комбайни; 4 – меліоративні машини та знаряддя.

У майстернях РТП і господарств, переважно, займаються відновленням валів і осей, гнізд підшипників, роликів і катків. Інші деталі зазвичай мають складну конструкцію та високу точність, тому їх відновлення в таких умовах здійснюється рідко. Навіть серед підкласу валів і осей, не всі деталі підлягають відновленню в майстернях РТП і господарств, наприклад, колінчасті і розподільчі вали. Таким чином, основна номенклатура деталей, які можна відновити в таких умовах, стосується циліндричних валів і осей, деяких шліцьових валів, валів і осей з фланцями, гнізд підшипників, напрямних коліс, підтримуючих роликів, опорних катків та інших деталей.

Основні дефекти, які підлягають відновленню шляхом нанесення металевих покриттів, включають знос поверхонь під підшипники, манжети, шківни та зірочки.

1.2 Обґрунтування принципів схем та основних розмірів пристроїв для ППД

Вибір деформуючих елементів та конструкції пристроїв для обробки ППД має враховувати необхідність забезпечення тривалого формування поверхонь з високою якістю, перш за все, з низьким рівнем шорсткості. Аналіз робочих умов деформуючих елементів показує, що якість обробленої поверхні залежить від сил тертя деформуючого елемента в його опорах. При відповідному рівні сил тертя, деформуючий елемент може прослизати в зоні контакту з оброблюваною деталлю, що призводить до зношування робочого елемента, утворення наростів на ньому і погіршення якості обробки.

Для здійснення обґрунтованого вибору деформуючого елемента, такого як кулька або ролик, був проведений аналіз сил тертя в опорах (див. рис. 1.2). Сила опору, що виникає при коченні кульки, складається з сили тертя кульки в сепараторі та підп'ятнику. Використання фторопласту як опорного матеріалу вважається найбільш ефективним завдяки його низькому коефіцієнту тертя і високій стійкості до зношування.

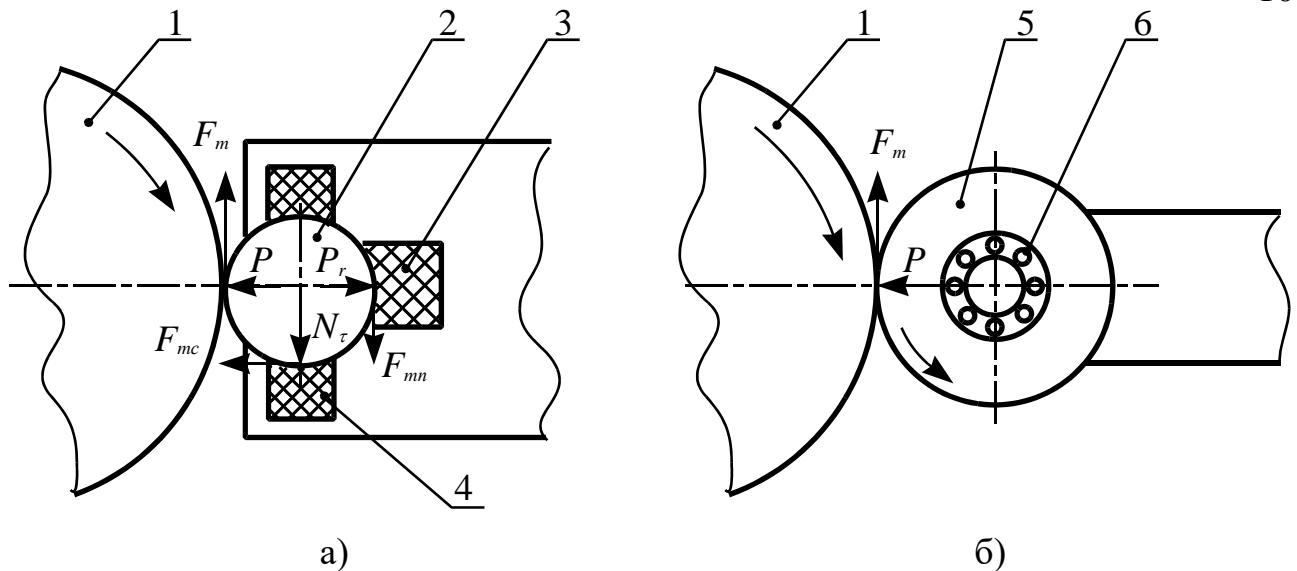


Рисунок 1.2 – Схема визначення сил тертя в пристроях ППД у випадку кулькового (а) і роликового накатника (б):

1 – деталь, яку відновлюємо; 2 – деформуюча кулька; 3 – підп'ятник; 4 – опора сепаратора; 5 – деформуючий ролик; 6 – підшипник кочення

Значення сили опору F_m при коченні кульки може бути виражено таким чином:

$$F_m = F_{mn} + F_{mc}, \quad (1.1)$$

$$F_{mn} = f \cdot P_r; \quad F_{mc} = f \cdot N_\tau, \quad (1.2)$$

Коефіцієнт тертя між сталлюю кулькою і фторопластом становить від 0,04 до 0,08. Тангенційна складова цього коефіцієнта становить від 7% до 12% зусилля притискання. Зусилля притискання може коливатися від 500 Н до 2500 Н. Відповідно, сила опору при коченні буде варіюватись від 44 Н до 220 Н.

Значення сили опору, що виникає при коченні деформуючого ролика на підшипниках, може бути розраховано за допомогою такої формули:

$$F_m = f_{np} \cdot P, \quad (1.3)$$

f_{np} від $2,0 \cdot 10^{-3}$ до $8,0 \cdot 10^{-3}$.

Якщо зусилля притискання до деталі однакові, то сила опору, яку створює ролик при коченні, значно менша в порівнянні з кулькою і може коливатись від 4 Н до 22 Н.

Одним з важливих факторів, який може пояснити відмінність у силі опору при коченні кульки та ролика, є значна різниця в тривалості служби цих

зміцнювальних пристроїв. Тому для майстерень РТП і господарств рекомендовано використовувати пристрої з одним роликом.

Одним з основних недоліків одноелементних пристроїв є їх незамкнена система сил, що приводить до прискореного зносу верстатів. Саме ця проблема є основною причиною обмеженого впровадження одноелементних пристроїв на виробництві. Переваги, які можна отримати від зміцнення деталей за допомогою ППД, частково або повністю компенсуються втратами виробництва, пов'язаними зі зносом верстатів. Цей висновок базується на аналізі сил, які діють під час зміцнення деталей за допомогою одноелементних пристроїв при їх традиційному використанні.

Для проведення аналізу важливі сили, що діють у площині, перпендикулярній до осі обертання оброблюваної деталі (див. рис. 1.3). Ці сили спрямовані в напрямку подачі обробки і складають лише 5-10% від зусилля, яке пристрій прикладає до деталі, і не впливають на стабільність процесу. Відношення компонентів R_y / R_x під час накатування може змінюватися в діапазоні від 0,07 до 0,12. Це означає, що кут нахилу результатуємої сили R до вертикалі становить від 83 до 86° . При цьому механізм "гвинт-гайка" для поперечного переміщення опори отримує навантаження, на яке він не розрахований, що призводить до його швидкого зносу та втрати точності верстата.

Під час обробки різанням, співвідношення між компонентами R_y і R_x становить приблизно 1:0,45, що відповідає куту нахилу результуючої сили до вертикалі рівному 24° . При цьому супорт надійно притискається до напрямних, а механізм "гвинт-гайка" сприймає мінімальне навантаження, що забезпечує високу довговічність і точність теревих поверхонь.

Отже, для створення сприятливих умов для зміцнення деталей та підтримки оптимальних умов роботи токарних верстатів, необхідно переглянути традиційну схему обробки деталей методом пластичної деформації на токарних верстатах. Згідно з нашою робочою гіпотезою, для зміцнення зовнішніх поверхонь деталей, пристрій для пластичної деформації повинен бути розташований безпосередньо на плиті поперечного супорту, а не в тримачі різця.

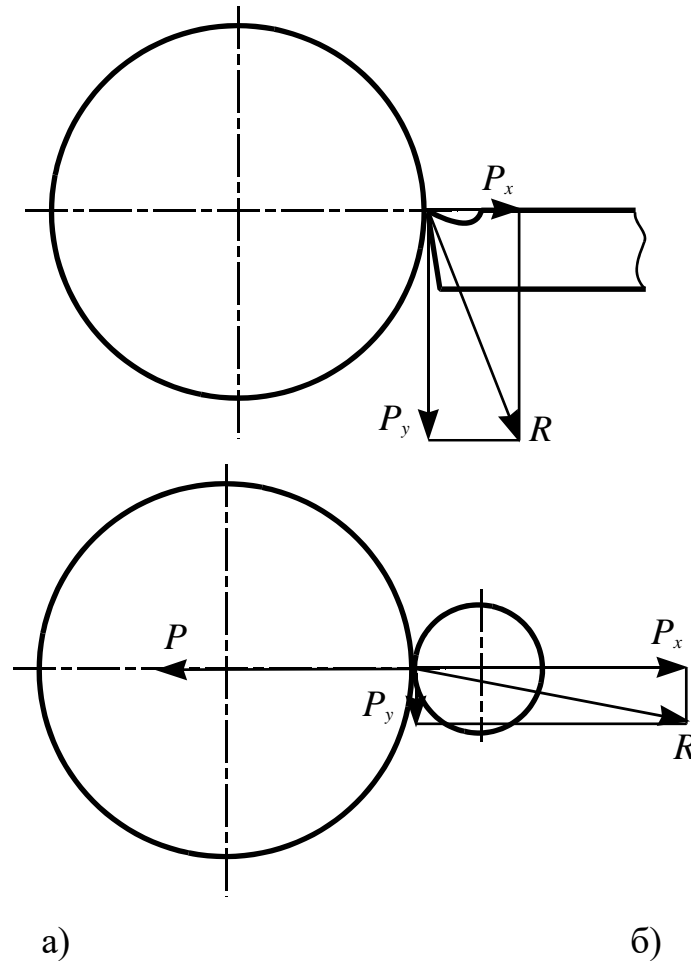


Рисунок 1.3 – Схема сил, які діють на деталь і інструмент в процесі обробки різанням (а) і пластичним деформуванням (б) на токарному верстаті

Зберігаючи традиційну схему кріплення пристрою для зміцнення внутрішніх поверхонь в тримачі різця, ми маємо змінити площину, в якій прикладаються зусилля деформації, з горизонтальної на близьку до вертикальної. Кут нахилу площини прикладання зусиль деформації під час пластичної деформації, з урахуванням вищевикладеного, може бути прийнятий в межах $25-35^\circ$. Це дозволить зменшити зусилля на пару "гвинт-гайка" поперечного переміщення супорту більш ніж у 2 рази і зберегти точність верстатів, а також підвищити стабільність процесу. Подальше уточнення цього кута може бути здійснене на основі результатів експериментальних досліджень.

У бакалаврській роботі можна використовувати однороликові пристрої, які призначені для опору зусиллям накатування в діапазоні 2500-4000 Н. Ролики таких пристроїв мають консольний профіль з профільним радіусом від 0,8 до 16 мм. Зовнішній діаметр роликів складає 50 мм. Ці вказані пристрої

можна використовувати як основу для розробки власного пристрою в рамках бакалаврської роботи.

1.3 Обґрунтування параметрів режиму ППД відновлених деталей

При роботі з однороликовими пристроями для процесу прокатування деталей слід враховувати такі параметри: сила, яка діє на деформуючий ролик, швидкість подачі та обертання деталі, а також кількість проходів.

Оскільки додаткові проходи мають негативний вплив на продуктивність обробки і їх ефективність не є значною, рекомендується зосередитись на виборі інших параметрів з урахуванням обробки деталей за один прохід. Швидкість обробки майже не впливає на якість оброблених поверхонь і обмежується тепловим навантаженням на інструмент. Межі вибору швидкості досить широкі і становлять від 20 до 200 метрів на хвилину. Для зменшення нагріву і поліпшення якості обробки доцільно використовувати охолоджувальні речовини, такі як мінеральні масла.

Найбільший вплив на формування поверхонь визначають зусилля деформації, подача і профільний радіус ролика. Взаємозв'язок між ними найкраще розглядати через кількість циклів деформації, які відбуваються на одиницю площі поверхні деталі під час обробки. Для кожного матеріалу існує певний діапазон мінімальної і максимальної кількості циклів деформації, при якому відбувається покращення шорсткості і зміцнення поверхні без пошкодження зовнішнього шару. Для не гартованої сталі цей діапазон становить від 20 до 200 циклів, а для чавуну - від 35 до 60 циклів.

Формула визначає кількість циклів деформації N , яка застосовується для зміцнення деталей за допомогою однороликових пристроїв.

$$N = \frac{b_k}{S}, \quad (1.4)$$

Маніпулюючи кількістю циклів деформації, можна досягти потрібних показників якості поверхневого шару, таких як шорсткість, твердість, мікротвердість та рівень залишкових напружень стискання.

Для вимірювання ширини поверхневого контакту використовується формула Брінелля, яка визначає твердість матеріалу шляхом вдавлювання сталеві загартованої кульки.

$$HB = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \quad (1.5)$$

У даному випадку, враховуючи, що радіус кульки ($D/2$) дорівнює профільному радіусу ролика, а ширина поверхневого контакту відповідає діаметру відбитку, формулу можна переписати наступним чином:

$$d = \sqrt{D^2 - \left(D - \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot D \cdot HB} \right)^2}. \quad (1.6)$$

Результати проведених розрахунків показали, що зміна профільного радіусу деформуючого ролика майже не має впливу на ширину поверхні відбитку. Лише в разі зміцнення термічно оброблених сталей (з напруженням менше 1500 МПа) та обробки з високим зусиллям ($P = 2500-3000$ Н) ширина поверхневого контакту незначно збільшується (до 10%) при зростанні профільного радіусу ролика.

На рисунку 1.4 наведено залежність ширини поверхні контакту від зусилля деформування для сталей різної твердості, що може бути використана для вибору параметрів процесу ППД, враховуючи потрібну кількість циклів деформування. Згідно літературних джерел, діапазон вибору параметрів для зміцнення деталей обмежується наступними значеннями:

- зусилля деформування, $P - 1000-3000$ Н;
- поздовжня подача, $S - 0,05-0,20$ мм/об;
- профільний радіус ролика, $r_n - 0,8-5,0$ мм.

Втомленісні тріщини спочатку зароджуються на поверхні деталі, а потім поширюються вздовж структурних недосконалостей, таких як тріщини, свищі, пори, непровари і інші дефекти, що знаходяться всередині деталі. Тому, під час зміцнення наплавлених деталей, важливо, щоб глибина зміцненого металевого шару на деталі після проточування задовольняла певну умову.

$$h_s \geq h_n, \quad (1.7)$$

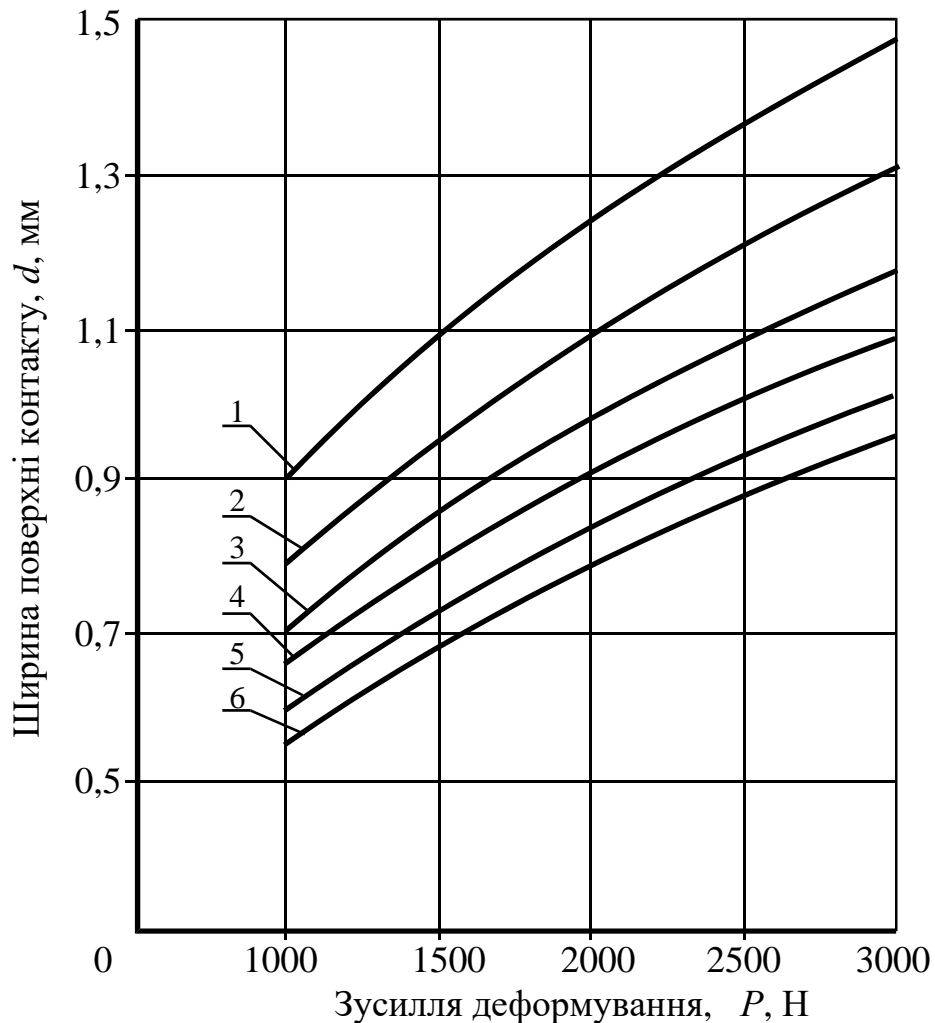


Рисунок 1.4 – Теоретичні залежності ширини поверхні контакту від зусилля деформування:

1 – $HB = 1500$ МПа; 2 – $HB = 2000$ МПа; 3 – $HB = 2500$ МПа; 4 – $HB = 3000$ МПа; 5 – $HB = 3500$ МПа; 6 – $HB = 4000$ МПа.

Глибина розповсюдження пластичної деформації під час накатування залежить від тиску, механічних характеристик та структури металу деталі.

При однаковому значенні тиску P , глибина проникнення пластичної деформації зростає, коли межа текучості матеріалу деталі (σ_m) нижча. Зменшення профільного радіусу ролика призводить до скорочення глибини поширення пластичної деформації.

Для визначення глибини поширення пластичної деформації застосовується така формула:

$$h_s = \frac{1}{m} \cdot \sqrt{\frac{P}{2 \cdot \sigma_m}}, \quad (1.8)$$

$$m = 1 + 0,07 \cdot R,$$

Під час процесу обкатування машинних деталей формується нова поверхня, яка має певну шорсткість (див. рис. 2.5), що залежить від основних параметрів обробки. Для попереднього розрахунку висоти мікронерівностей можна використовувати такі залежності:

$$R_z = r_n - \sqrt{r_n - \frac{S^2}{4}}; \quad R_z = \frac{S^2}{8 \cdot r_n}, \quad (1.9)$$

Максимальна різниця в значеннях R_z , яка обчислюється за формулами (1.8) і (2.9), є дуже незначною і, за нормальних співвідношень між подачею і профільним радіусом ролика, не перевищує десятих долей мікрона. Для розрахунків більш доцільно використовувати вираз (1.9), оскільки висота нерівностей прямо пропорційна квадрату значення подачі і обернено пропорційна профільному радіусу ролика. Таким чином, змінюючи ці параметри, можна регулювати шорсткість поверхні.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Класифікація і особливості застосування методів ППД при відновленні деталей

Згідно з ГОСТ методи поверхневого пластичного деформування (ППД) можна поділити на ударні та статичні. У статичних методах обробки, інструмент, робочі елементи чи середовище, яке впливає на оброблювану поверхню, переміщуються з постійною силою P , пролягаючи поступово через всю оброблювану поверхню. В процесі цього інерційні сили мають незначний вплив на поверхневе пластичне деформування. До статичних методів належать різноманітні методи вирівнювання (зображено на рис. 1.2, а) та методи накатування (зображено на рис. 1.2, б). Крім того, до статичних методів належить метод одноразового стиснення оброблюваної поверхні (зображено на рис. 1.2, в), без переміщення джерел впливу.

При ударному методі (зображено на рис. 1.2, г), інструмент, робочі елементи чи середовище впливають багаторазово на всю оброблювану поверхню чи на частину. У кожному циклі сила впливу P змінюється від нуля або від певного значення P_1 до максимального значення. У випадку місцевого ударного впливу, джерело деформації може послідовно і рівномірно проходити через всю оброблювану поверхню.

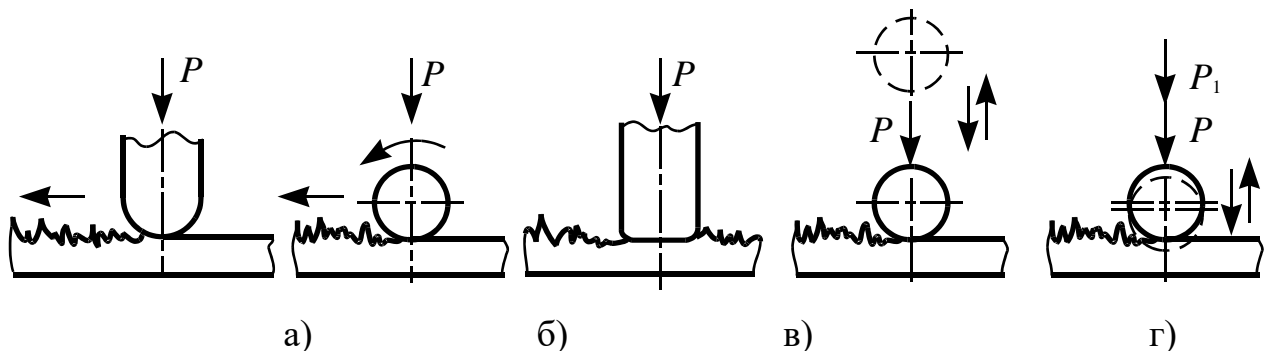
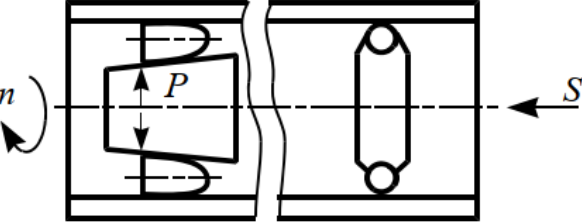
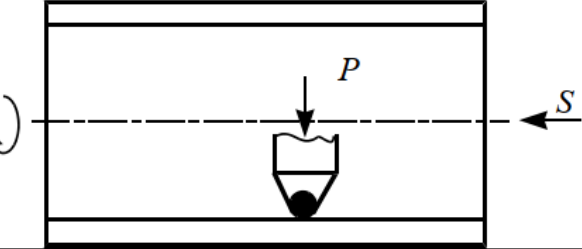
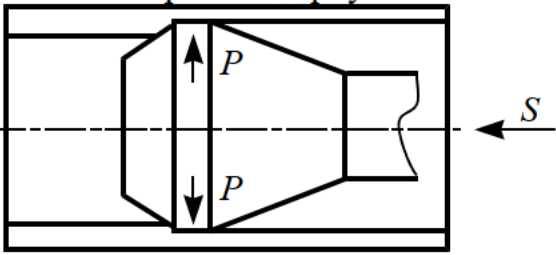
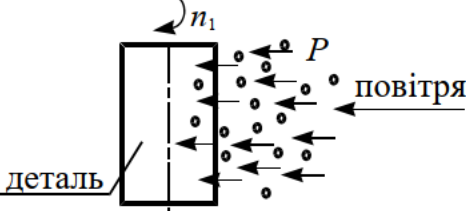
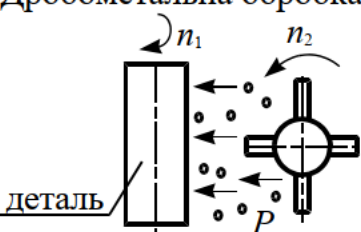
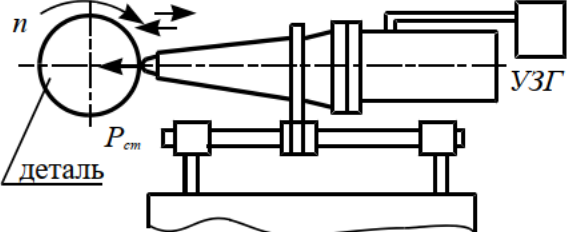
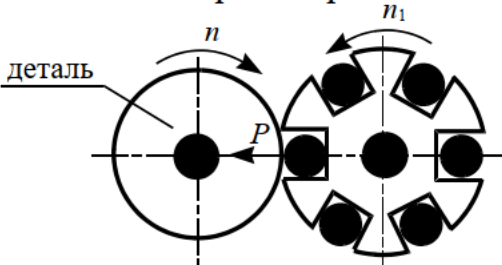
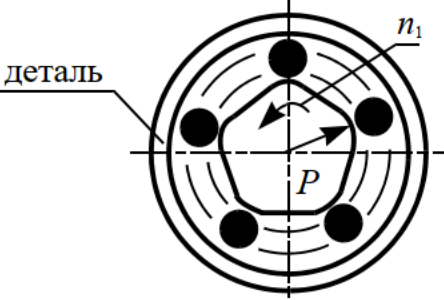
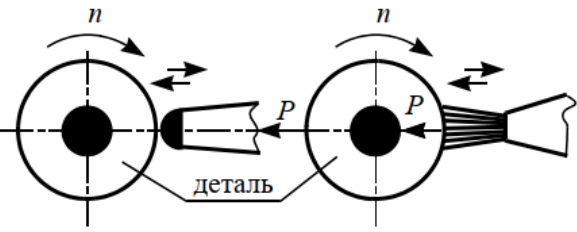
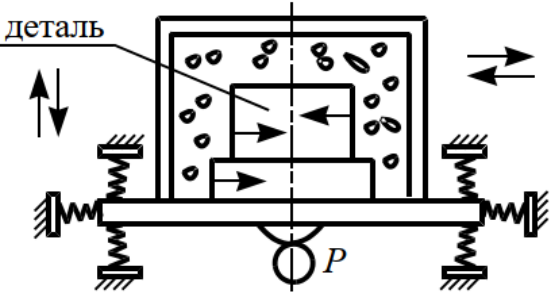
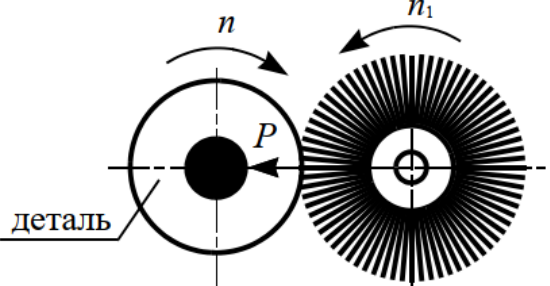


Рисунок 2.1 - Характер взаємодії інструменту з поверхнею, що оброблюється, при різних методах ППД: а – вигладжування; б – накатування; в – обтискування; г – ударний

Таблиця 2.1 – Основні методи поверхневого пластичного деформування

Методи, ескіз	Сутність методу, оброблювана поверхня, обладнання, характер виробництва
Статичні методи	
<p>Зміцнювальне обкочування</p> 	<p>Універсальне і спеціальне обладнання. Серійне і масове виробництво.</p>
<p>Зміцнювальне розкочування</p> 	<p>Кочення інструменту (ролик, кулька) по оброблюваній поверхні, для плоских і випуклих поверхонь – обкочування, для внутрішніх поверхонь – розкочування. Поверхні тіл обертання типу втулок, валів і плоскі поверхні, $HRC \leq 45-55$.</p>
<p>Вигладжування</p> 	<p>Ковзання інструменту по локально контактуючій з ним поверхні. Поверхні тіл обертання $HRC \leq 70$ Тонкостінні і нерівно жорсткі деталі. Універсальне і серійне виробництво.</p>
<p>Вібраційне накатування</p> 	<p>Накатування або вигладжування при вібрації інструменту (кулька, вигладжуючий наконечник) по дотичній до поверхні деформуючого металу. Поверхні тіл обертання і площинні поверхні.</p>
<p>Вібраційне вигладжування</p> 	<p>Універсальне обладнання. Одиначне і серійне виробництво.</p>

<p>Поверхнєве дорнування</p> 	<p>Поступове ковзання дорна по охоплюючій його поверхні.</p> <p>Деталі типу втулок, труб, $HRC \leq 40$.</p> <p>Спеціальне або протягу вальне і пресове обладнання.</p> <p>Серійне і масове виробництво.</p>
<p>Ударні методи</p>	
<p>Дробоструменева обробка</p>  <p>Дробометальна обробка</p> 	<p>Удари дробу по деформуючому металу. Дріб – круглі тіла з різних матеріалів.</p> <p>Поверхні різної конфігурації, $HRC \leq 55$.</p> <p>Спеціальне обладнання.</p> <p>Серійне і масове виробництво.</p>
<p>Ультразвукова обробка</p> 	<p>До постійної сили додається сила ударів ультразвукових коливань.</p> <p>Поверхні тіл обертання.</p> <p>Універсальне обладнання, оснащене ультразвуковим генератором і головкою.</p> <p>Одиничне і серійне виробництво.</p>
<p>Відцентрова обробка</p> 	<p>Удари інструменту по оброблюваній поверхні під дією відцентрової сили.</p> <p>Поверхні тіл обертання і площинні поверхні, $HRC \leq 50$.</p> <p>Універсальне обладнання.</p> <p>Серійне і масове виробництво.</p>
<p>Ударне розкочування</p> 	<p>Ролики створюють удари у момент проходження виступаючих елементів опори.</p> <p>Поверхні типу втулок і труб, $HRC \leq 50$.</p> <p>Універсальне і спеціальне обладнання.</p> <p>Серійне і масове виробництво.</p>

<p style="text-align: center;">Зміцнювальна чеканка</p> 	<p>Ударне прикладання деформуючої сили при зворотно-поступових переміщеннях інструменту.</p> <p>Поверхні тіл обертання і площинні поверхні, $HRC \leq 50$.</p> <p>Універсальне і спеціальне обладнання. Одиначне, серійне і масове виробництво.</p>
<p style="text-align: center;">Вібраційна ударна обробка</p> 	<p>Удари робочими тілами (дріб) деталі у замкнутому просторі при його вібрації.</p> <p>Поверхні різної конфігурації, $HRC \leq 55$.</p> <p>Універсальне і спеціальне обладнання. Спеціальне обладнання. Серійне і масове виробництво.</p>
<p style="text-align: center;">Обробка механічною щіткою</p> 	<p>Удари кінцями проволочки, що обертається, механічної щітки.</p> <p>Поверхні різної конфігурації, $HRC \leq 55$.</p> <p>Універсальне і спеціальне обладнання. Одиначне, серійне і масове виробництво.</p>

Потрібно мати на увазі, що процес обробки, яка ґрунтується на пластичному деформуванні тонкого поверхневого шару, виявляє ряд переваг порівняно з точінням, шліфуванням, поліруванням та доводкою. До цих переваг належать:

в поверхневому шарі зберігається недоторканість волокон металу, та формується структура –т екстура з мелкозернистою характеристикою;

обробка не супроводжується накладанням абразивних частинок від шліфувальних кругів, полірувальних паст на поверхню деталі;

не виникають проблеми з термічними дефектами;

процес обробки, які гарантують постійну якість поверхні;

можливо досягти надзвичайно низького значення параметрів шорсткості поверхні ($R_a=0,1\dots0,05$ мкм і навіть менше), кольорових сплавах, матеріалах високої міцності, при цьому зберігаючи початкову форму деталі;

можливо значно знизити шорсткість поверхні протягом одного циклу обробки на кілька разів;

При врахуванні особливостей методів поверхневого пластичного деформування (ППД), необхідно враховувати наступні аспекти:

Оптимальний вибір параметрів процесу: Визначення оптимальних значень сили, швидкості, часу дії та інших параметрів забезпечить досягнення бажаного результату обробки і максимальну якість поверхні.

Вплив матеріалу деталі: Різні матеріали можуть виявляти різну реакцію на методи ППД. Важливо враховувати механічні властивості, твердість, структуру матеріалу та його поведінку під час деформування.

Врахування меж текучості: Межа текучості матеріалу визначає його здатність до пластичної деформації. При виборі методу ППД необхідно враховувати, щоб значення сили деформування перевищувало межу текучості матеріалу.

Контроль за параметрами: Важливо встановити ефективну систему контролю за параметрами процесу ППД, такими як сила, швидкість, глибина деформації, температура і т. д. Це дозволить забезпечити стабільність процесу і якість обробки.

Врахування вимог до готової поверхні: При використанні методів ППД важливо враховувати необхідні параметри поверхні, такі як шорсткість, твердість, гладкість, мікроструктура тощо, залежно від вимог і застосування деталі.

Поступове зміцнення матеріалу: При правильному використанні методів ППД можна досягти поступового зміцнення поверхневого шару матеріалу, що поліпшить його механічні властивості.

Можливість автоматизації: Деякі методи ППД можуть бути автоматизовані, що дозволяє забезпечити більшу ефективність та повторюваність процесу.

Враховання цих особливостей методів ППД дозволяє досягнути бажаних результатів обробки і забезпечити якість поверхні деталей.

2.2 Засоби технологічного оснащення

Кулькові обкатники мають особливості в застосуванні, які включають:

Використання стандартних кульок з високою точністю обробки і якістю поверхні. Це дозволяє забезпечити високу якість обробки і точність поверхні деталей.

Відсутність матеріальної осі обертання кульок і самовстановлюваність їх щодо оброблюваної поверхні під дією сил обкатування і тертя. Це сприяє рівномірному обкатуванню поверхні і покращує якість обробки.

Відсутність або незначне проковзування кульок. Це забезпечує стабільний контакт кульок з поверхнею деталі і допомагає уникнути нерівномірностей в обробленому шарі.

Незначні сили обробки, пов'язані з точковим контактом інструмента й оброблюваної поверхні. Це дозволяє знизити навантаження на деталь і запобігти пошкодженню.

Менша подача і продуктивність обробки порівняно з роликowymi пристроями. Кулькові пристрої зазвичай мають меншу швидкість і продуктивність, що викликано їхньою конструкцією і особливостями контакту з поверхнею.

Кулькові обкатники оптимально використовуються для обробки маложорстких і нерівножорстких деталей, включаючи деталі з високою поверхневою твердістю. Цей метод забезпечує ефективність і якість обробки в таких випадках.

Зовнішні циліндричні поверхні можуть бути оброблені за допомогою різних типів однокульових і багатоккульових обкатників. У процесі обробки, сила тертя між деформуючою кулею і опорою повинна бути меншою, ніж сила тертя між кулею і оброблюваною поверхнею. Для досягнення цього використовуються різні типи опор:

Один, два або три стандартних кулькопідшипника, розташованих під кутом 90° один відносно одного (див. рис. 2.2, а).

Кулі меншого діаметра, ніж робочі, які охоплюють половину або більше сферичної поверхні кулі (див. рис. 2.2).

Опорні шайби з фторопласта або іншого матеріалу з низьким коефіцієнтом тертя (рис. 2.2, б, в). У деяких випадках опори можуть бути з високоякісної загартованої сталі з добре відполірованою лункою.

Використання камери з рідиною, повітрям або іншим спеціальним середовищем.

Ці види опор допомагають забезпечити правильну роботу обкатного процесу та мінімізувати тертя між кулею і оброблюваною поверхнею, що покращує якість обробки.

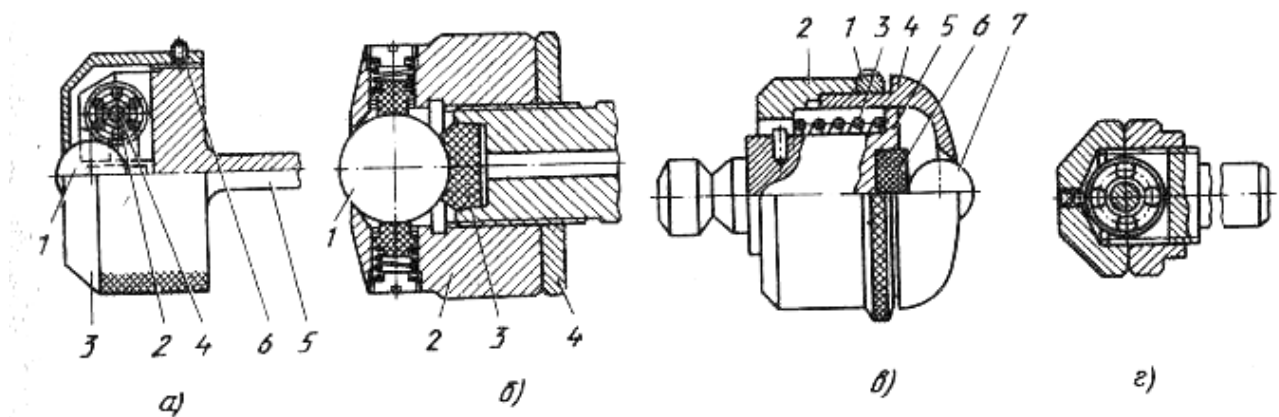


Рисунок 2.3 – Кулькові головки:

Фторопласт (зазвичай ФП-4 і ФП-3) має низький коефіцієнт тертя і високу зносостійкість, що забезпечує надійну роботу фторопластових опор кульок діаметром більше 10 мм під час обкатування. Це дозволяє спростити конструкцію державки і зменшити її розміри до мінімуму.

Один з загальних недоліків кульових державок із сепараторами, які запобігають випаданню кулі і обмежують його рух у напрямку подачі, полягає в збільшенні зазору між кулею та стінками робочого отвору сепаратора через зношування як сепаратора, так і опори кулі. Це погіршує умови протікання процесу.

В державці, зображеній на рис. 2.2, в, цей недолік був усунутий за допомогою такого підходу. Збільшення зазорів між робочою поверхнею сепаратора 4 і кулею 7, які виникають внаслідок зношування опори 6 і сепаратора 4, компенсується за допомогою подавляючого тиску втулки 5, яка утримує фторопластову або іншу опору за допомогою пружини 3. Тяга пружини створюється гайкою 1. Після налаштування необхідного положення гайки 1 вона фіксується контргайкою 2.

Конструкцію кульової голівки з робочою та опорною кулями діаметром 2 мм показано на рис. 2.2, г. Опорна кулька виконує роль проміжної опори, оскільки без неї неможливо розмістити робочу кульку та кулькопідшипник у сепараторі, навіть при використанні кулькопідшипників мінімальних розмірів.

Для цього застосовують однокулькові обкатники прямої дії з пружним підтисканням деформуючої кульки (рис. 2.2, а), а також з жорстким закріпленням (рис. 2.3, б). Крім того, використовують обкатники з важелем (рис. 2.4 і 2.5).

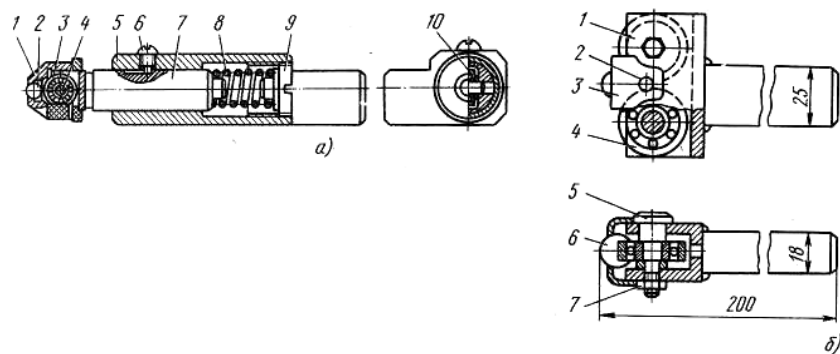


Рис. 2.4. Однокулькові обкатники:

a – з пружним підтисканням деформуючої кульки;

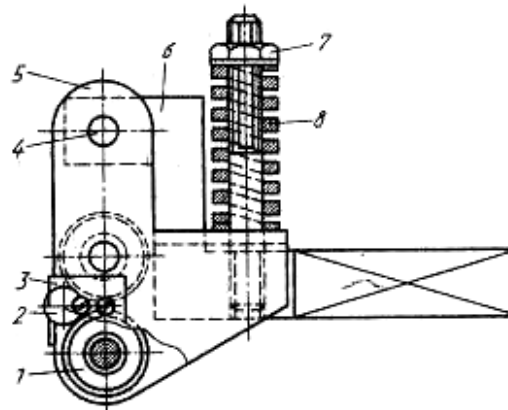


Рис. 2.5. Однокульковий обкатник важільної дії для обробки деталей з загартованих сталей.

Спеціальні конструкції пристроїв використовуються через обмеження або специфічні вимоги. На рис. 2.6 зображено пристрій для обробки роликів доріжок підшипника, до яких важко отримати доступ: деформуюча кулька 1 опирається на кільце 7, що притиснуте до зовнішнього кільця кулькового підшипника 9. Кільце 7 виготовлене з внутрішнього кільця кулькового підшипника, що зберігає бігову доріжку, по якій рухається кулька 1 під час обкатування. Вертикальне положення кульки фіксується за допомогою торцевих поверхонь двох голчастих роликів 2, які притискаються до кульки за допомогою гвинтів 3 і контргайок. Ролики запобігають випаданню кульки в неактивному положенні пристрою. Ролики та гвинти вбудовані у сепараторні колодки 4, які розташовані в корпусі 5. Осьове переміщення опорного кільця 7 обмежується бронзовим гвинтом 10, розташованим таким чином, щоб кулька 1 могла підійти до борта. Шайби 8 запобігають пошкодженню внутрішнього кільця підшипника 9. Завантаження пружиною 6 створює робочу силу. Під час обкатування роликів доріжок підшипника (з твердістю $HRC \geq 58$) за допомогою кульки діаметром 4,5 мм, при силі 750 Н та подачі 0,1 мм/об, параметр шорсткості зменшується в 5-8 разів, а мікротвердість зростає до 25% при глибині зміцненого шару 0,8 мм.

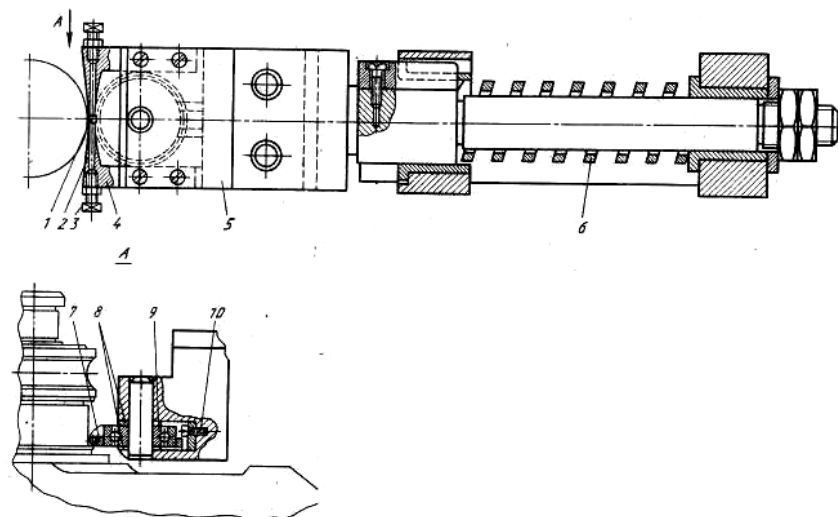


Рисунок 2.6 – Однокульковий обкатник спеціального виконання

Пристрій, показаний на рис. 2.7, з опорою деформуючої кульки на кулі меншого діаметру, забезпечує найменше тертя в опорі і ефективно самовстановлення кульки. В цій конструкції корпус виконує роль пружного елемента і має форму розрізної скоби.

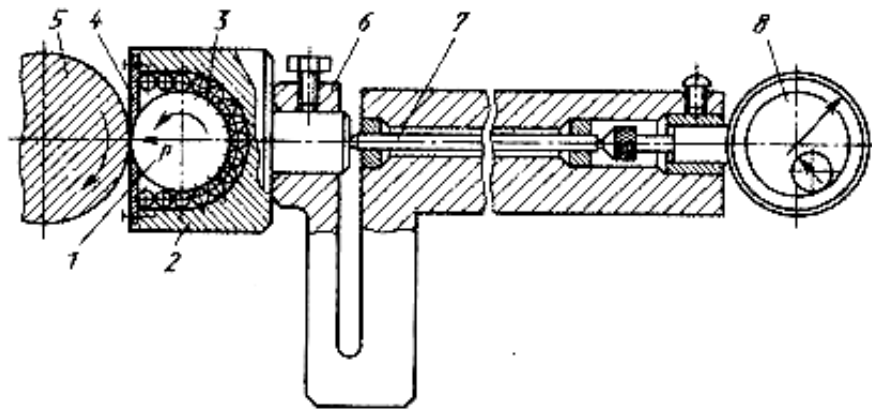


Рисунок 2.7 – Однокульковий обкатник з опорою кульки на кульки меншого діаметра:

Створення багатоккулькових обкатників мотивоване бажанням уникнути одностороннього навантаження деформуючого елемента на оброблювану деталь, підвищити продуктивність обкатування і збільшити ступінь зміцнення за один робочий цикл. Найбільш широке застосування здобули багатоккулькові обкатники з пружною дією (рис. 2.8), які, у порівнянні з жорсткими обкатниками (рис. 2.9), забезпечують більш рівномірну пластичну деформацію як у радіальному, так і в осьовому напрямку при обробці нерівножорстких сталей, заготовок зі змінною твердістю тощо. Налаштування жорстких обкатників на заданий розмір досягають шляхом переміщення рухомої опори в напрямку до нерухомої і висування її до центру деформуючих кульок.

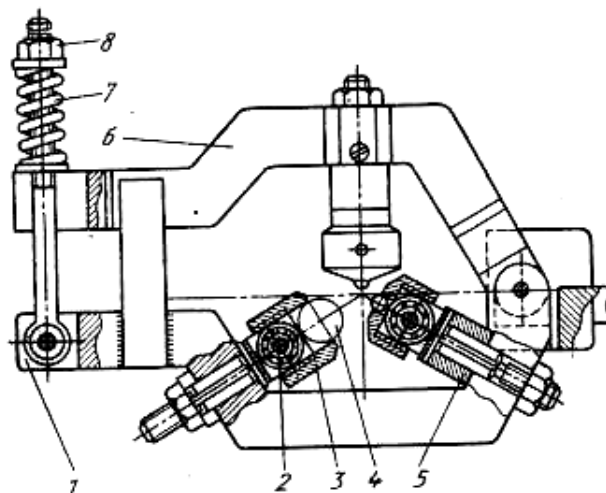


Рисунок 2.8 – Багато кульковий обкатник пружної дії.

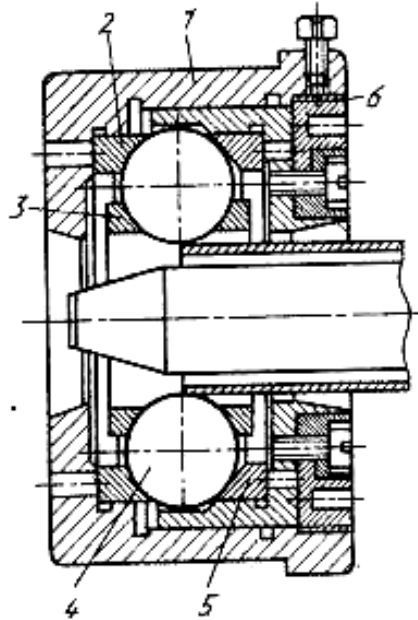


Рисунок 2.9 – Жорсткий багатокульковий обкатник:

Такий тип обкатника може бути ефективно використаний для калібрування та обробки прутків і труб з однаковою жорсткістю та правильною геометричною формою з відхиленнями, що не перевищують 0,01-0,02 мм. За таких умов можливо досягти точності форми і розмірів в межах залишкової деформації, а параметр шорсткості поверхні може бути зменшений у 3-4 рази за один робочий цикл.

Примітивні роликові та багатороликові пристрої для обкатування можна класифікувати як безсепараторні, сепараторні та спеціальні. У сепараторних пристроях ролики вільно рухаються по опорній поверхні та утримуються від випадання за допомогою сепаратора або іншого подібного елемента.

У безсепараторних пристроях ролики можуть бути закріплені на осях або у спеціальних отворах за допомогою підшипників кочення або ковзання, або за допомогою інших елементів. Вони мають кілька переваг, таких як простота конструкції, відносно низька вартість, широкі можливості в технологічному плані, швидке і зручне налаштування.

Обкатувальні пристрої, залежно від характеру навантаження на робочі ролики, можна класифікувати як механічні (пружинні), пневматичні, гідравлічні та комбіновані.

Конструкції однороликових пристроїв для обробки зовнішніх поверхонь характеризуються простотою і найменшими витратами на виготовлення. Однороликові пристрої переважно використовують механічну систему навантаження, що спрощує конструкцію і полегшує експлуатацію інструменту.

Для обробки різних поверхонь деталей використовують пристрої для обкатування (рис. 2.10), де ролик з профільним радіусом до 6 мм може мати як звичайне, так і спеціальне виконання. Однією з переваг пристроїв, де пружним елементом є тарілчаста пружина (рис. 2.11), є їх простота і компактність. Однак, такі пристрої мають значну похибку при встановленні і контролі сили обкатування. Для зменшення цієї похибки іноді використовують спеціальні індикаторні головки в таких типах пристроїв.

Важільний пристрій (рис. 2.12, а) забезпечує можливість використання пружини більшої довжини, оскільки вона розташована вертикально, що дозволяє отримати мінімальну твердість пружини. Такі пристрої є необхідними, наприклад, при зміцнювальному обкатуванні, де точність сили обкатування має вирішальне значення, а також при обробці тонкостінних або різностінних деталей.

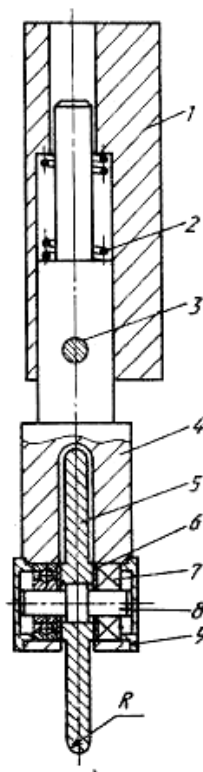


Рисунок 2.10 - Одно роликовий обкатувальний пристрій.

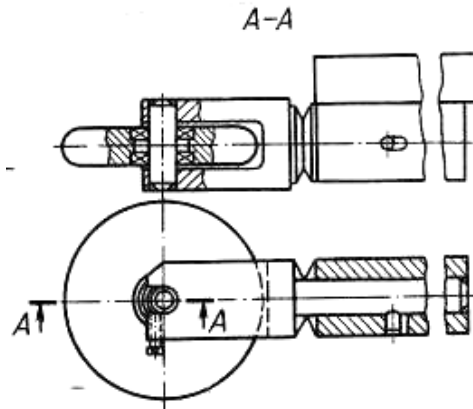


Рисунок 2.12 – Обкатувальний пристрій спеціального виконання з тарільчастими пружинами.

В корпусі важільного пристрою з п'ятьма важелями (рис. 2.12, б) з розрахунковою силою 60 кН, штоки 3 і 4 з пружинами 6 і 7 переміщуються. Максимальна сила обкатування виникає при повному стиску обох пружин. Нижня пружина передає силу безпосередньо на ролик, а верхня пружина - через важіль, створений щоками 13 (з відношенням плеч важеля 1:2,2). Робочий ролик 11 встановлений на голчастому підшипнику в самоустановлювальній головці 1, яка кріпиться до вилки 2 за допомогою цапф. Осьові сили на ролику передаються кульковими упорними підшипниками. Вилка 2 входить циліндричним хвостовиком в розточку нижнього штока 3 і кріпиться шайбою 10. Для розвантаження ролика під час відводу і підведення пристрою використовують гайки 8 і 9, які дозволяють утримувати силу пружини всередині корпусу пристрою. Пристрій кріплять до верстату за допомогою кронштейна 12, призначеного для різцетримача.

У гідравлічних пристроях (рис. 2.12, в, г) створюється сила обкатування до 60 кН за допомогою автономного гідравлічного циліндра, що контролюється за допомогою манометра. Ця сила передається на ролик через пакет тарільчастих пружин. Щоб уникнути неприпустимого перекосу циліндричних роликів під час обробки, вони мають механізм самовстановлення. Для цього головка, яка утримує робочий ролик діаметром 32 мм і два опорні ролики, може вільно обертатися на цапфах навколо осі, перпендикулярної до лінії контакту ролика з

деталлю. Під дією моменту, що виникає при перекосах, ролик повертається до відновлення рівномірного контакту по всій довжині оброблюваної деталі.

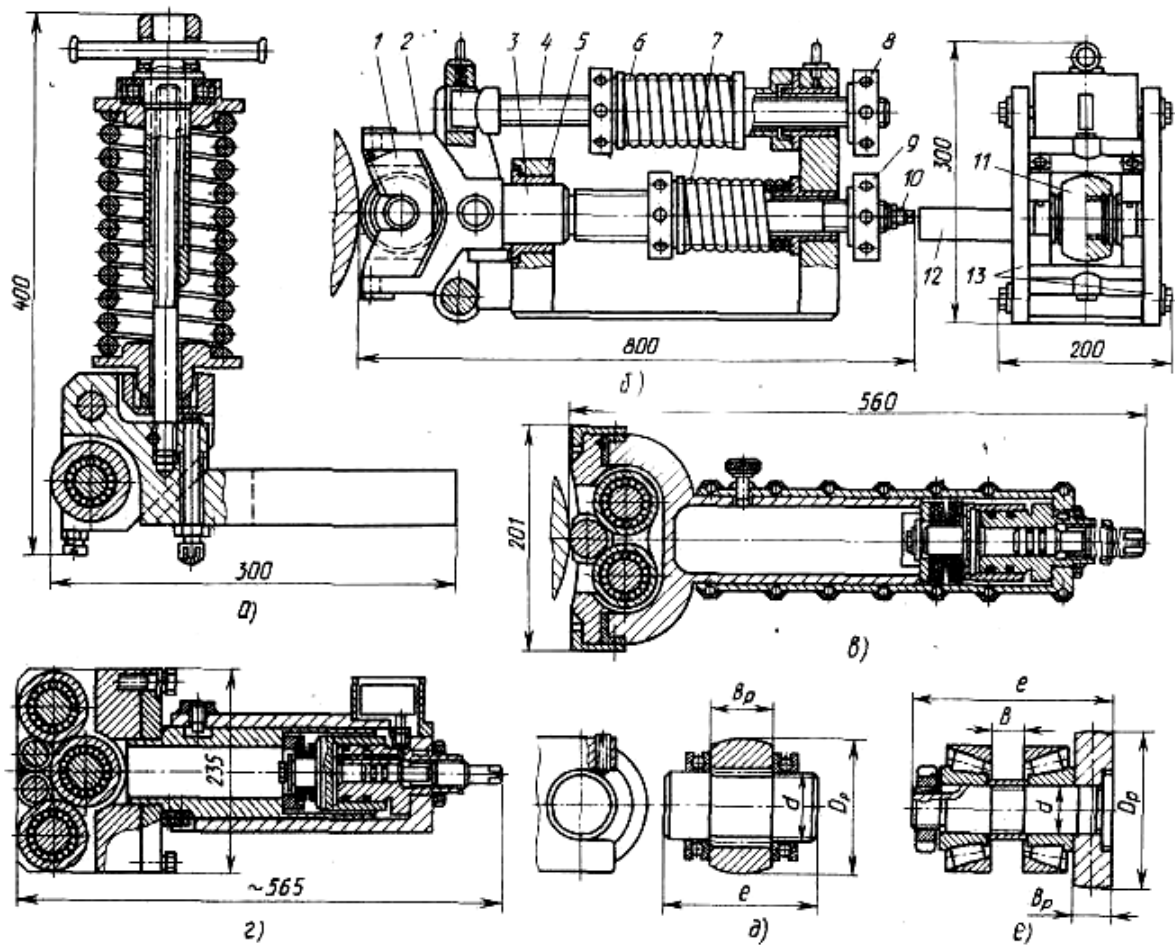


Рисунок 2.12 – Однороликові пристрої:

a – важільний з малою жорсткістю пружини; *б* – важільний з двома пружинами; *в* – з циліндричними самовстановлювальним роликом; *г* – з бочкоподібним роликом малого діаметра; *д* – вузол двохопрного ролика; *е* – встановлення консольного ролика

Завдяки шестироликовій схемі пристрою (рис. 2.12, г), діаметр робочого ролика був зменшений до 12,5 мм, а його профільний радіус становить 600 мм. Таку саму кривизну мають також опорні ролики. Головка, яка утримує ролики, може повертатися навколо нормалі, що проходить через точку контакту робочого ролика з деталлю. При обкатуванні з великими подачами на валів невеликого діаметра, обертання головки на кут підйому гвинтового сліду ролика запобігає його ковзанню уздовж деталі.

При обробці довгих валів і, часто, звичайних заготовок, більш раціональним є використання багато роликів пристроїв охоплювального типу (рис. 2.13).

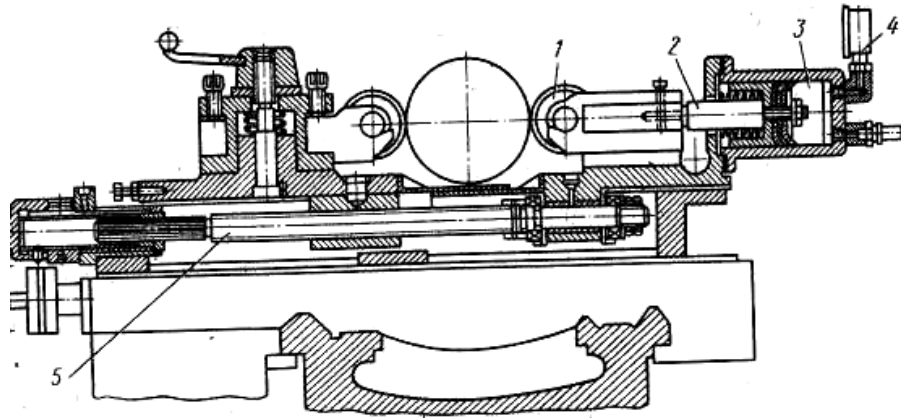


Рисунок 2.13 – Двохроликовий пристрій

Роликову головку 1, яка працює з двома роликами, розташовують за супортом верстата в двохроликовому пристрої. Вона безпосередньо пов'язана з штоком 2 гідроциліндра 3. Державку з переднім роликом кріплять безпосередньо в різцетримачі. Силу контролюють за допомогою манометра 4, а робочий розмір регулюють за допомогою гвинта 5.

2.3 Розробка технологічного процесу

На основі графо-аналітичних досліджень було розроблено проект типового технологічного процесу для зміцнення зовнішніх циліндричних поверхонь відновлених деталей.

Згідно з розробленим процесом, піддаються зміцненню зовнішні циліндричні поверхні сталевих деталей з діаметром від 25 до 100 мм і довжиною оброблюваної поверхні 10 мм і більше, при цьому твердість таких деталей не перевищує HRC 45.

Режими зміцнювальної операції для деталей з діаметром 25-100 мм і твердістю HRC 20-46 встановлені наступні:

S , мм/об – 0,15;

n , об/хв – 200-800;

$P, H - 600-2500;$

$r_{p.np} - 1,5; 2; 3; 4.$

При виборі методу відновлення деталі, слід розглянути варіанти, які є найбільш економічними, з використанням мінімальних матеріальних ресурсів, енергії та праці.

Для усунення першого дефекту, який полягає у прогині вала, можна застосувати метод вирівнювання під пресом з попереднім нагрівом деталі у ковальському горні.

Відновлення зношених шийок вала під підшипники можливе шляхом використання вібродугового наплавлення в середовищі захисного газу. Після цього проводиться обробка до ремонтних розмірів на токарно-гвинторізному верстаті. Для додаткового зміцнення поверхні використовується спеціальний однороликовий пристрій, який застосовує метод ППД для зміцнення.

2.4 Розрахунок режимів виконання операцій

Коваль за допомогою кліщів вручну поміщає вал у ковальський горн і нагріває його до температури $T = 1200$ °С. Після нагрівання, також використовуючи кліщі, коваль переміщує вал на правильну плиту і коригує його за допомогою преса Р-304.

Давайте розрахуємо зусилля P , необхідне для корекції вала.

$$P = [s_m] \times W / l, \quad (2.1)$$

Момент опору, який діє на вал W

$$W = p \times d^3 / 32 = 3,14 \times 24^3 / 32 = 1357 \text{ мм}^3. \quad (2.2)$$

Відстань від точки прикладання сили до осі обертання l :

$$l = L / 2 = 100 / 2 = 50 \text{ мм}, \quad (2.3)$$

Максимальне значення текучості матеріалу, яке можна прийняти при правці сталі 45.

$$[s_m] = s_m / 1,5 = 360 / 1,5 = 240 \text{ МПа}.$$

Тоді, $P = 240 \times 1357 / 50 = 6514 \text{ Н}.$

Таким чином, для проведення правки використовується рейковий прес типу Р-304, який здатний розвивати зусилля до 30000 Н згідно з паспортом. Вал для правки розміщується на призмах, при цьому відстань між ними становить $L = 100$ мм.

Проведення розрахунку параметрів для виконання операції наплавлення.

Виконуємо визначення товщини шару металу, що буде нанесений методом наплавлення. t :

$$t = \Delta_p + z, \quad (2.4)$$

$$z = 0,02 \text{ мм}$$

$$\Delta_p = \Delta_{заг} \cdot \beta, \quad (2.5)$$

$$\Delta_{p \text{ заг}} = 0,7 \text{ мм};$$

$$\beta = 0,6;$$

$$\Delta_p = 0,7 \times 0,6 = 0,4 \text{ мм};$$

$$t_1 = 0,4 + 2,02 = 2,42 \text{ мм (для поверхні 1)};$$

$$t_2 = 0,4 + 2,02 = 2,42 \text{ мм (для поверхні 2)}.$$

Вибираємо діаметр електродного дроту d_{dp} для автоматичної наплавки: при $t = 2,42 \text{ мм} - d_{dp} = 1,6 \text{ мм}$, марка дроту: СВ – 08Г2С.

Проводимо розрахунок оптимальної сили струму I для процесу наплавлення.

$$I = F_{dp} \times D_a = 0,785 \times d_{dp}^2 \times D_a, \quad (2.6)$$

$$I = 0,785 \times 1,6^2 \times 55 = 110 \text{ А},$$

$$D_a = 40 - 60 \text{ А / мм}^2.$$

Обираємо оптимальне значення напруги з діапазону $14 - 22 \text{ В} = 20 \text{ В}$.

Встановлюємо значення швидкості подачі електродного дроту. V_{dp} :

$$V_{dp} = \frac{I \cdot \alpha_n}{60 \cdot 0,785 \cdot d_{dp}^2 \cdot \gamma}, \quad (2.7)$$

$$V_{dp} = \frac{110 \cdot 20}{60 \cdot 0,785 \cdot 1,6^2 \cdot 7,8} = 1,5 \text{ м/хв},$$

$$\alpha_n = 20 \text{ г / А}; = 7,6 - 7,9 \text{ г / см}^3.$$

Встановлюємо значення швидкості наплавлення. V_H :

$$V_H = \frac{0,785 \cdot d_{dp}^2 \cdot V_{dp} \cdot K_1 \cdot K_2}{t \cdot S}, \quad (2.8)$$

$$S = 2,0 \times 1,6 = 3,2 \text{ мм};$$

$$K_1 = 0,9;$$

$$K_2 = 0,9.$$

$$V_H = \frac{0,785 \cdot 1,6^2 \cdot 1,5}{2,5 \cdot 3,2} \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 0,38 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо кількість обертів наплавлювальної деталі.:

$$n = \frac{1000 \cdot V_H}{\pi \cdot d}, \quad (2.9)$$

$$n_1 = n_2 = \frac{1000 \cdot 0,38}{3,14 \cdot 25} = 4,84 \text{ об/хв}$$

$$d_1 = d_2 = 25 \text{ мм}; n = 4,6 \text{ об / хв. } a = 15 \text{ мм. } \alpha = 45^\circ. d = 35^\circ. A = 1,6 \text{ мм.}$$

Машинний час T_M наплавлення:

$$T_M = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \text{ хв.} \quad (2.10)$$

$$i = 1; S = 2,7 \text{ мм / об.}$$

$$T_{M1} = \frac{25 \cdot 1}{4,6 \cdot 2,7} = 2,02 \text{ хв}; \quad T_{M2} = \frac{20 \cdot 1}{4,6 \cdot 2,7} = 1,61 \text{ хв}$$

Визначаємо витрати електродного дроту. G_{dp} :

Для поверхні 1:

$$G_{dp} = 0,785 \times d_{dp}^2 \times V_{dp} \times T_M \times \rho = 0,785 \times 1,6^2 \times 1,5 \times 2,02 \times 7,8 = 47,50 \text{ г};$$

Для поверхні 2:

$$G_{dp} = 0,785 \times d_{dp}^2 \times V_{dp} \times T_M \times \rho = 0,785 \times 1,6^2 \times 1,5 \times 1,61 \times 7,8 = 37,85 \text{ г.}$$

Визначаємо обсяг вуглекислого газу, що витрачається. Q_{CO_2} :

$$Q_{CO_2} = q \times T_M \times K_g, \quad (2.11)$$

$$q = 8 - 15 \text{ л / хв};$$

$$K_g = 1,15 - 1,25.$$

$$Q_{CO_2} = 10 \times 2,02 \times 1,2 = 24,24 \text{ л}; \quad Q_{CO_2} = 10 \times 1,6 \times 1,2 = 19,2 \text{ л}$$

Визначаємо розмір припуску для механічної обробки h .

$$h = \frac{D-d}{2}, \text{ мм}, \quad (2.12)$$

Для поверхні 1 та 2:

– при чорновому різанні:

$$h_1 = \frac{30-26}{2} = 2 \text{ мм}$$

– при чистовому різанні

$$h_1 = \frac{26-25,5}{2} = 0,25 \text{ мм.}$$

Визначаємо кількість проходів для видалення припуску. i :

$$i = \frac{h}{t}, \quad (2.13)$$

$t = 0,5-2$ мм при чорновому різанні та $t = 0,1-0,5$ мм при чистовому різанні.

Приймаємо кількість проходів одиничною для грубого і фінішного точіння.

Визначаємо подачу для заданої глибини різання і діаметру оброблюваної деталі.

Для чорнової обробки: $S_1 = 0,50$ мм/об; $S_2 = 0,50$ мм/об.

Для чистової обробки: $S_1 = 0,15$ мм/об; $S_2 = 0,15$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання, яка використовується для розрахунків. V_p :

Для чорнової обробки: $V_{p1} = V_{p2} \approx 21$ м/хв;

Для чистової обробки: $V_{p1} = V_{p2} \approx 119$ м/хв.

Перевіряємо, чи відповідають швидкості різання обертам шпинделя.

$$n_{\partial} = \frac{318 \cdot V_{p1}}{d}, \text{ об/хв.} \quad (2.14)$$

Для чистової обробки:

$$n_{\partial 1} = \frac{318 \cdot 119}{26,5} = 1428 \text{ об/хв;}$$

Для чорнової обробки:

$$n_{\partial 2} = \frac{318 \cdot 21}{30} = 226 \text{ об/хв.}$$

$$n_{1насн} = 1380 \text{ об / хв} \quad \tan n_{2насн} = 220 \text{ об / хв.}$$

Визначаємо фактичну швидкість різання. V_∂ :

$$V_\partial = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n}{1000} \text{ м/хв,}$$

$$V_{\partial 1} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 220}{1000} = 20,72 \text{ м/хв;} \quad V_{\partial 2} = \frac{3,14 \cdot 26,5 \cdot 1380}{1000} = 114,8 \text{ м/хв.}$$

Проводимо обчислення для виконання операції шліфування.

$$S_{нон} = 0,15 \text{ мм / об} - \text{ для чорнової обробки,}$$

$$S_{новзд} = 0,3 \text{ мм / об.}$$

Для чистової обробки $S_{нон} = 0,08 \text{ мм}; S_{новзд} = 0,15 \text{ мм / об};$

Визначаємо кількість проходів, необхідних для зняття припуску.

$$i = \frac{h}{t},$$

$$h = 0,15 \text{ мм} - \text{ при чорновій обробці,}$$

$$h = 0,08 \text{ мм} - \text{ при чистовій обробці;}$$

$$t = S_{нон};$$

$$i_{чорн} = 0,15 / 0,15 = 1; \quad i_{чист} = 0,08 / 0,08 = 1.$$

Визначаємо оптимальну швидкість різання.

$$V_{чорн} = 26 \text{ м / хв}; \quad V_{чист} = 46 \text{ м / хв.}$$

Визначаємо обороти деталі.

$$n = \frac{1000 \cdot V_n}{\pi \cdot d},$$

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 26}{3,14 \cdot 25,2} = 328 \text{ об/хв}; \quad n_2 = \frac{1000 \cdot 46}{3,14 \cdot 25,02} = 585 \text{ об/хв.}$$

$$n_{1насн} = 300 \text{ об / хв}, n_{2насн} = 555 \text{ об / хв.}$$

Для деталей діаметром 25 мм і твердістю HRC 46 встановлюються такі режими виконання зміцнювальної операції:

$$S, \text{ мм / об} - 0,15; n, \text{ об / хв} - 1000; P, \text{ Н} - 1600; r_{p.np} - 1,5.$$

2.5 Порівняльна оцінка економічної ефективності запропонованої технології відновлення валів

Для визначення фактичного щорічного економічного ефекту (E_p) від застосування розробленої технології відновлення використовується наступна формула:

$$E_p = \Sigma((B - B_1) \cdot A_1), \quad (2.15)$$

$$E_p = (18,67 \cdot 1,11 - 16,1) \cdot 1000 = 4624 \text{ грн.}$$

Для визначення терміну окупності капіталовкладень (T) застосовується наступна формула:

$$T = 1,6 \cdot \Phi / (A_{2i} \cdot (C_i - C_{2i})). \quad (2.16)$$

$$T = 1,6 \cdot 1970 / [(18,33 - 15,76) \cdot 1000] = 1,23 \text{ роки.}$$

2.6 Визначення собівартості відновлення валів

Економічна ефективність технології відновлення чавунних деталей наплавленням з наступним заключним зміцненням визначається умовою, де відносна собівартість відновлення деталі менша або рівна вартості нової деталі (відносна собівартість виготовлення нової деталі), або коли витрати на відновлення компенсуються збільшенням ресурсу експлуатації деталі.

$$C_{1i} / t_B \rangle C_i / t_H, \quad (2.17)$$

Оскільки ресурс відновлених деталей і нових є однаковим, ми можемо висловити це наступним чином:

$$C_{1i} \rangle C_i, \quad (2.18)$$

Таким чином, відносна ефективність технології (позначена як E_0) може бути визначена за допомогою такого виразу:

$$E_0 = SC_i / SC_{1i}^{31}. \quad (2.19)$$

$$E_0 = 18,33 / 15,76^{31}; PE_0 = 1,16^{31}.$$

Ефективність нової розробленої технології порівняно з відомою (базовою) технологією визначається шляхом оцінки відносної собівартості відновлення деталі.

$$C_1 + E_H \times K_1 > C_2 + E_H \times K_2, \quad (2.20)$$

Прийнято вважати їх рівними один одному.:

$$C_1 > C_2, \quad (2.21)$$

Витрати B_1 розраховуються згідно наступної формули.

$$B_1 = C_2 + E \times K, \quad (2.22)$$

$$B_1 = 18,33 + 0,15 \times 2,27 = 18,67 \text{ грн};$$

$$K = \Pi_{\text{від}} \times \Phi / B_n, \quad (2.23)$$

$$K = 50 \times 2270 / 50000 = 2,27 \text{ грн / дет.}$$

$$\Pi_{\text{від}} - 50 \text{ грн}; \Phi - 2270 \text{ грн}; B_n - 1000 \text{ шт} - 50000 \text{ грн.}$$

За допомогою наступної формули визначається собівартість відновлення деталі методом наплавлення (базовий спосіб).

$$C_2 = C_{\Pi} + C_H + C_{\text{ОБ}} + C_{\text{ЕЛ}} + C_{\text{заг}} + H + C_{\text{АМ}}, \text{ грн}; \quad (2.24)$$

$$C_2 = 0,30 + 3,35 + 0,82 + 2,34 + 2,84 + 3,23 + 5,45 = 18,33 \text{ грн};$$

Визначається вартість підготовки деталі до процесу відновлення. C_{Π} :

$$C_{\Pi} = e \times T_{\text{ШТ}} \times K_1 = 2,85 \times 0,05 \times 2,1 = 0,30 \text{ грн},$$

$$e = 2,85 \text{ грн}; T_{\text{ШТ}} = 0,05 \text{ год}; K_1 = 2,1.$$

Визначається вартість процесу наплавлення деталі. C_H :

$$C_H = e \times (T_n + 0,15) \times K \times K_2 + G \times f \times \Pi_{\text{др}} + T_n \times \Pi_2 \times Q_2, \text{ грн.} \quad (2.25)$$

$$C_H = 2,85 \times (0,31 + 0,15) \times 1,08 \times 1,1 + 0,085 \times 1,20 \times 1,78 + 0,31 \times 0,52 \times 10 = 3,35 \text{ грн.}$$

$$T_m = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \text{ хв}, \quad (2.26)$$

$$i = 1; S = 2,7 \text{ мм / об.}$$

$$T_{m1} = \frac{25 \cdot 1}{4,6 \cdot 2,7} = 2,02 \text{ хв}; \quad T_{m2} = \frac{20 \cdot 1}{4,6 \cdot 2,7} = 1,61 \text{ хв}$$

$$K = 1,08; K_2 = 1,1 \dots 1,25;$$

Для поверхні 1:

$$G_{\text{др}} = 0,785 \times d_{\text{др}}^2 \times V_{\text{др}} \times T_m \times = 0,785 \times 1,6^2 \times 1,5 \times 2,02 \times 7,8 = 47,50 \text{ г};$$

Для поверхні 2:

$$G_{\text{др}} = 0,785 \times d_{\text{др}}^2 \times V_{\text{др}} \times T_m \times = 0,785 \times 1,6^2 \times 1,5 \times 1,61 \times 7,8 = 37,85 \text{ г.}$$

$$f = 1,20; \Pi_{\text{др}} = 1,78 \text{ грн / кг}; \Pi_2 = 0,52;$$

Таблиця 2.1 – Показники техніко-економічної ефективності використання розробленої технології відновлення валів з наступним їх зміцненням

№	НАЗВА ПОКАЗНИКА	ОДИНИЦІ ВИМІРУ	ЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА		
			БАЗОВИЙ	ЗАПРОПОНОВАНИЙ	
1	Річний об'єм відновлення	шт.	1000	1000	
2	Загальні капіталовкладення	грн.	2270	1970	
3	Питомі капіталовкладення	грн./шт.	2,27	1,97	
4	Нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень	-	0,15	0,15	
5	Годинна тарифна ставка робітника:	- зварювальника	грн.	2,85	2,85
		- токаря	грн.	2,25	2,25
		- терміста	грн.	2,05	-
6	Собівартість відновлення вала (загальна):		грн.	18,33	15,76
	- вартість підготовки деталі для відновлення		грн.	0,30	0,30
	- вартість наплавлення деталі (загальна)		грн.	3,35	3,35
	- вартість затраченої електроенергії		грн.	2,34	2,34
	- вартість обробки після наплавлення		грн.	0,82	0,82
	- вартість термічної операції (загартування)		грн.	2,84	-
	- вартість обробки пластичним деформуванням		грн.	-	0,99
7	Продуктивність процесу:				
	- коефіцієнт розплавлення		г/(А год)	14,7	14,7
	- коефіцієнт витрат електродного матеріалу на угар і роздризкування		%	5,7	5,7
8	Накладні витрати	грн.	3,23	3,23	
9	Вартість амортизаційних відрахувань	грн.	5,45	4,73	
10	Річний економічний ефект на виробництві	грн.	-	4624	
11	Термін окупності	роки	-	1,23	
12	Ресурс відновленої деталі	разів	1	1	

Визначається вартість процесу обробки деталі після наплавлення. C_{OB} :

$$C_{OB} = e \times T_{шт.об} \times K_3, \quad (2.27)$$

$$C_{OB} = 2,25 \times 0,26 \times 1,4 = 0,82 \text{ грн.}$$

$$T_{шт.об} = 15,5 \text{ хв} = 0,26 \text{ год.}$$

Визначається вартість електроенергії, яка була використана. $C_{ЕЛ}$:

$$C_{ЕЛ} = [(U \times I \times T_n) / (100 \times h_{mp}) + 0,2 \times N_{x.x} \times T_n] \times S_E, \quad (2.28)$$

$$C_{ЕЛ} = [(20 \times 110 \times 0,31) / (100 \times 0,7) + 0,2 \times 0,3 \times 0,31] \times 0,24 = 2,34 \text{ грн.}$$

$$U = 20 \text{ В}; I = 110 \text{ А}; h_{mp} = 0,6 \dots 0,8; N_{x.x} = 0,2 \dots 0,4 \text{ кВт}; S_E = 0,24.$$

Оцінюється вартість процесу термічного загартування під час відновлення деталі. C_{3AG} :

$$C_{3ag} = e \times T_{ШГ2} \times K_1 = 2,05 \times 0,65 \times 2,1 = 2,84 \text{ грн},$$

$$e = 2,05 \text{ грн}; T_{ШГ2} = 0,65 \text{ год}; K_1 = 2,1.$$

Витрати, пов'язані зі спеціальними витратами або додатковими витратами, які не включені в основні вартості виробництва, відомі як накладні витрати. H :

$$H = e \times [(T_n + T_{ДОП}) \times K_2 + (T_n + T_{ДОП}) \times K_2 \times K + T_{ШТ.ОБ}] \times a / 100. \quad (2.29)$$

$$H = 1,25 \times [(0,31 + 0,15) \times 1,1 + (0,31 + 0,15) \times 1,1 \times 1,08 + 0,24] \times 200 / 100 = 3,23 \text{ грн};$$

$$a = 200 \dots 250; T_{ДОП} = 0,1 - 0,22 \text{ год}.$$

Витрати, пов'язані зі знеціненням та витратами на амортизацію обладнання, відомі як амортизаційні відрахування. C_{AM} :

$$C_{AM} = 0,0024 \times S, \quad (2.30)$$

$$C_{AM} = 0,0024 \times 2270 = 5,45 \text{ грн}.$$

$$S = 2270 \text{ (табл. 2.2)}.$$

Для розрахунку собівартості відновлення вала з використанням технології наплавлення одиночним дротом в середовищі захисного газу, за якою проводиться подальша обробка і зміцнення, ми використовуємо аналогічний підхід, як описано вище.

Таблиця 2.2 – Перелік обладнання для відновлення та його ціна

Назва обладнання	Ціна, грн
Токарно-гвинторізний верстат 1М63 (1974р. випуску)	620
Наплавочна головка, яка оснащена подаючим механізмом	184
Мундштук для подачі дроту	59
Джерело живлення ВДУ-506	496
Ролики для дискретної подачі (2 комплекти)	47
Система підведення газів та охолоджуючої рідини	128

Балон вуглекислотний	116
Шафа металева для розміщення балонів	58
Контрольно-вимірювальні прилади (амперметр, вольтметр, ротаметри)	44
Шафа термічна та інструмент	518
ВСЬОГО	2270

$$C_1 = C_{\Pi} + C_H + C_{OB} + C_{EL} + C_{3M} + H + C_{AM}, \text{ грн}; \quad (2.31)$$

$$C_2 = 0,30 + 3,35 + 0,82 + 2,34 + 0,99 + 3,23 + 4,73 = 15,76 \text{ грн};$$

Вартість процесу зміцнення деталі після відновлення C_{3M} :

$$C_{3M} = e \times T_{\text{шт}2} \times K_1 = 1,95 \times 0,21 \times 2,1 = 0,99 \text{ грн},$$

$$e = 2,25 \text{ грн}; T_{\text{шт}2} 0,21 \text{ год}; K_1 = 2,1.$$

Вартість амортизаційних відрахувань визначається як сума коштів, яку необхідно відраховувати на покриття зносу та старіння активів протягом їхнього корисного терміну використання. C_{AM} :

$$C_{AM} = 0,0024 \times S, \quad (2.32)$$

$$C_{AM} = 0,0024 \times 1970 = 4,73 \text{ грн}.$$

$$S = 1970 \text{ грн (табл. 2.3)}.$$

Таблиця 2.3 – Перелік обладнання для відновлення та його ціна

Назва обладнання	Ціна, грн
Токарно-гвинторізний верстат 1М63 (1974р. випуску)	620
Наплавлювальна головка, яка оснащена подаючим механізмом	184
Мундштук для подачі дроту	59
Джерело живлення ВДУ-506	496
Ролики для дискретної подачі (2 комплекти)	47
Система підведення газів та охолоджуючої рідини	128
Балон вуглекислотний	116
Шафа металева для розміщення балонів	58
Контрольно-вимірювальні прилади (амперметр, вольтметр, ротаметри)	44

Інструмент для зміцнення	218
ВСЬОГО	1970

Отже, собівартість відновлення валу за технологією використання одиночного дроту в середовищі захисного газу та подальшим загартуванням є на 1,3 рази більшою, ніж собівартість відновлення за запропонованою технологією. Це пояснюється відсутністю необхідності виконання операції загартування вала.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Конструктивно-технологічні параметри пристрою для відновлення деталей ППД

При проектуванні однороликового пристрою для ППД була використана роликова головка, яка має зусилля 2500 Н. Одним з основних конструктивних параметрів роликів є їх профільний радіус.

Конструкція пристрою була розроблена з урахуванням наступних вимог:

Пристрій має бути закріплений на плиті поперечного переміщення супорта токарного верстата.

Пристрій повинен забезпечувати можливість плавного регулювання кута нахилу площини, на яку прикладається зусилля деформування.

Зміна зусилля деформування при процесі ППД повинна відбуватися плавно від 0 до 2500 Н.

Прикладання зусилля деформування повинно здійснюватися після підведення деформуючого ролика до оброблюваної поверхні деталі у потрібній площині.

На рис. 3.1 показана загальна конструкція запропонованого однороликового пристрою для зміцнення деталей методом плаского прокату. Пристрій складається з плити, яка прикріплюється трьома болтами до плити поперечного супорта токарно-гвинторізного верстата. Також він містить накатну головку, яка може плавно переміщуватися і фіксуватися на плиті пристосування. Це дозволяє досягти мінімального кута прикладання зусилля деформування під час процесу прокату. Накатна головка пристрою складається з державки, коромисла, на якому знаходиться ролик на одному кінці і яке має осьове кріплення. На іншому кінці коромисла застосовується необхідне зусилля деформування за допомогою пружини стискання і шпильки з гайкою. Навантаження на ролик створюється в межах 0-2500 Н після підведення ролика до деталі. Величина навантаження контролюється за допомогою зразкового динамометра стискання ДОСМ-1,0, який перевіряється тарабанням.

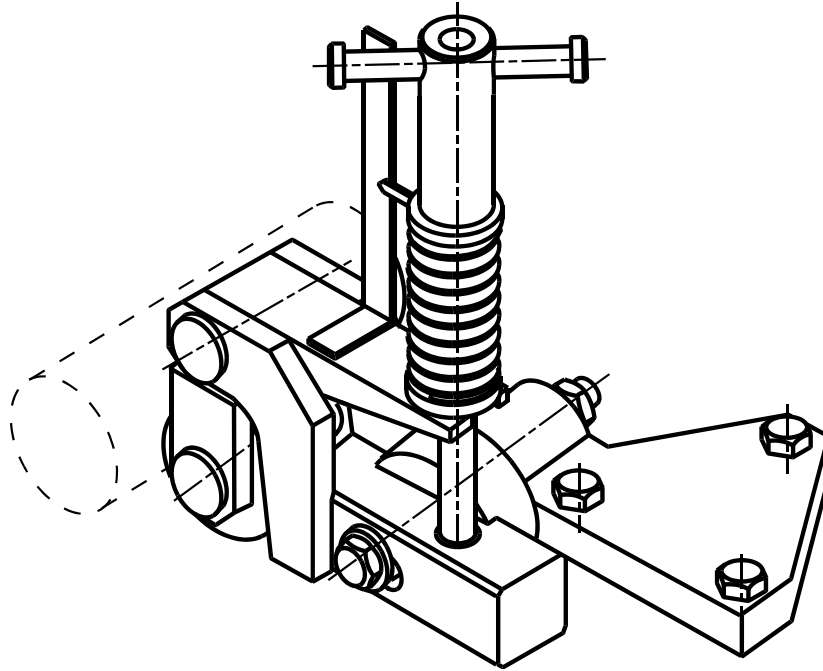


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд одно роликового пристрою для зміцнення поверхні деталі.

Таким чином, конструкція пристрою забезпечує використання механізму поперечного переміщення супорту (гвинт-гайка пари) лише для підведення деформуючого ролика до деталі без надмірного зусилля довідкового прокату. Це практично повністю усуває негативний вплив процесу прокату на токарний верстат.

Графоаналітичний аналіз конструкції пристрою та схеми зміцнення деталей показав, що мінімальний кут деформування для валів діаметром від 20 до 100 мм змінюється в діапазоні від 43 до 58 градусів. Основними параметрами пристрою та схеми зміцнення (рис. 3.2) є відстань від осі кочення накатної державки до плити поперечного супорта (h), відстань від осі деформуючого ролика до осі кочення (L) і кут прикладання зусилля деформування (α), який залежить від цих двох параметрів та діаметра деталі.

Аналіз формули дозволяє ідентифікувати можливі способи вдосконалення пристрою для зменшення кута деформування. Це можна досягти шляхом скорочення відстані від осі кочення накатної державки до плити супорта, зменшення радіуса деформуючого ролика та скорочення відстані від осі деформуючого ролика до осі кочення державки.

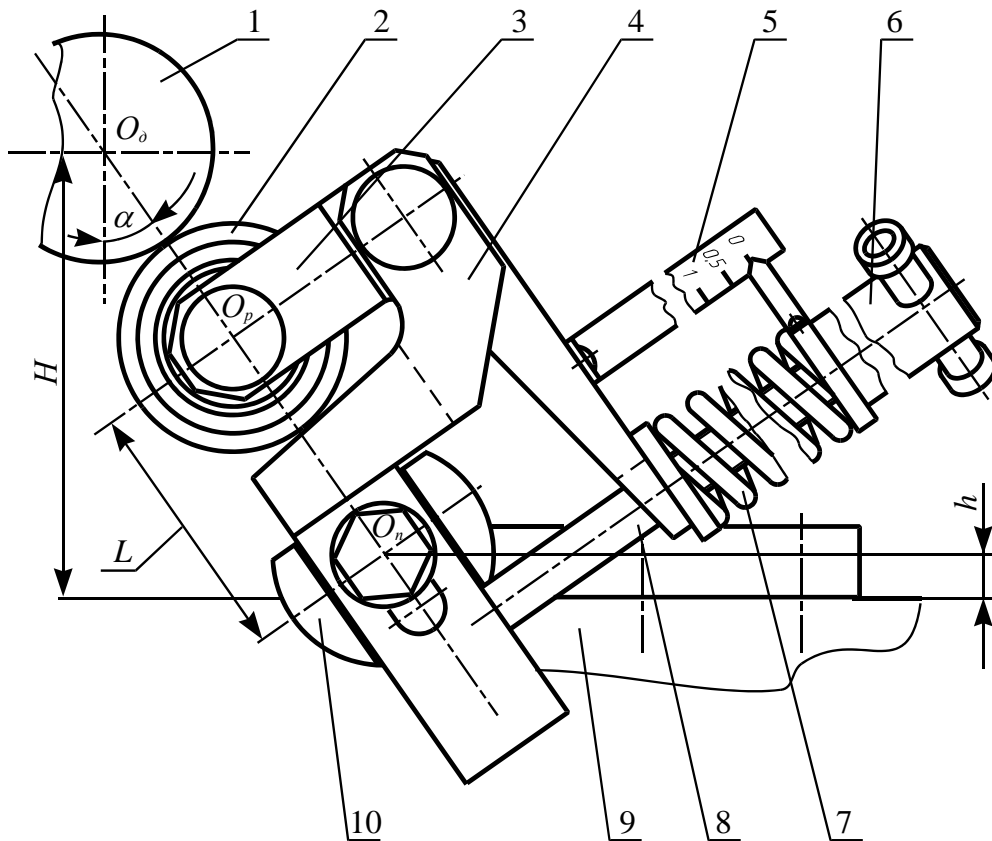


Рисунок 3.2 – Схема встановлення однороликового пристрою:

1 – деталь; 2 - ролик; 3 – коромисло; 4 – державка; 5 – шкала; 6 – гайка; 7 – пружина; 8 – шпилька; 9 – супорт верстата; 10 – втулка; O_p – вісь ролика; O_n – вісь поворотання державки.

Розглянувши трикутник OO_dO_n (див. рис. 3.2) отримаємо:

$$\alpha = \arccos \frac{H - h}{L + r_p + r_d}, \quad (3.1)$$

На рисунку 3.3 представлені графіки, що відображають залежність мінімального кута деформації від діаметра оброблюваної деталі для вдосконаленого пристрою після можливої модифікації, яка включає зменшення параметрів L і H .

3.2 Розрахунок основних елементів пристрою на міцність

Для визначення діаметра вала під обкочувальний ролик, зробимо розрахунок основних елементів пристрою на міцність, враховуючи умову на зріз.

$$d^2 = \frac{N}{(n \cdot n_s \cdot \pi \cdot R_{bs} \cdot \gamma_b) / 4}, \quad (3.2)$$

Для визначення діаметра вала з умови його на зріз, проведемо розрахунок основних елементів пристрою на міцність.

$$d = \sqrt{(2,5 \cdot 10^3) / (2 \cdot 1 \cdot 150 \cdot 10^6 \cdot 0,9 / 4)} = 0,011 \text{ м} = 11 \text{ мм}$$

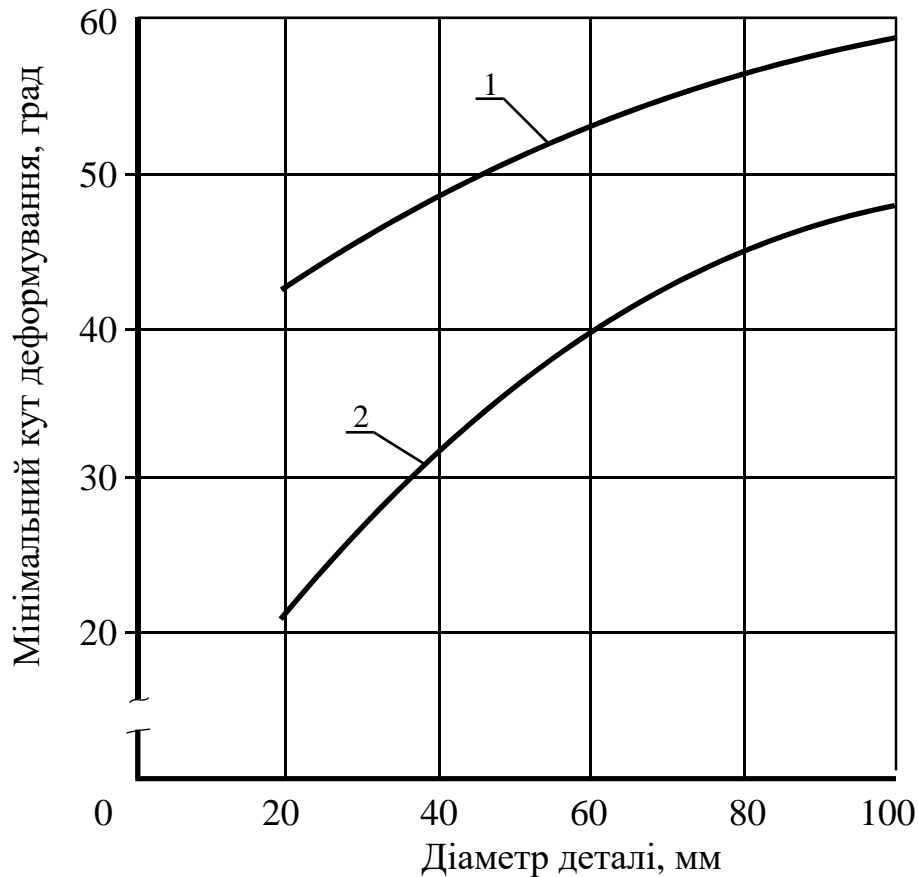


Рисунок 3.3 – Залежність мінімального кута деформування від діаметра деталі:

1 – фактична залежність за пристроєм ($L = 75$ мм; $h = 31$ мм); 2 – залежність після можливої доробки пристрою ($L = 60$ мм; $h = 22$ мм).

Для визначення діаметра вала з умови його зминання проведемо відповідні розрахунки.

$$d = \frac{N}{n \cdot t \cdot R_{bp} \cdot \gamma_b} = \frac{2,5 \cdot 10^3}{1 \cdot 0,01 \cdot 380 \cdot 10^6 \cdot 0,9} = 0,007 \text{ м} = 7 \text{ мм}, \quad (3.3)$$

$$t = 10 \text{ мм.}$$

Враховуючи умови роботи вала на зріз і враховуючи його діаметр у сортаменті, приймаємо діаметр вала рівним 14 мм.

Для визначення нормальних напружень у проушині державки скористаємося наступною формулою:

$$\sigma = \frac{N}{(D - n \cdot d) \cdot t} = \frac{2,5 \cdot 10^3}{(0,05 - 1 \cdot 0,01) \cdot 0,04} = 82,5 \text{ МПа}, \quad (3.4)$$

Тобто $\sigma < R_{bt} \cdot \gamma_b = 210 \cdot 0,9 = 189 \text{ МПа}$.

Нормальне напруження, яке діє на вилку

$$\sigma = \frac{N}{(D - n \cdot d) \cdot 2 \cdot t_1} = \frac{2,5 \cdot 10^3}{(0,05 - 1 \cdot 0,01) \cdot 0,05} = 66 \text{ МПа}. \quad (3.5)$$

$t_1 = 10 \text{ мм}$.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Вибір обґрунтування спецодягу та інших індивідуальних захисних пристроїв і засобів захисту для всіх видів професій людей, що працюють в машинобудівному цеху

До основних заходів, що забезпечують безпечні умови роботи у проєктованому цеху, належать: заземлення – спеціальне з'єднання з землею металевих частин обладнання, що не знаходяться під напругою в звичайних умовах, але які можуть бути під напругою в результаті порушення ізоляції електроустановки. Заземлення призначене для усунення небезпеки ураження людей електричним струмом при появі напруги на конструктивних частинах електрообладнання, тобто при „замиканні на корпус”.

Існує небезпека дотикання до частин, знаходяться під напругою, і тому необхідна ізоляція інструменту і працівника. На ділянці необхідно встановити ізолюючі захисні засоби:

- діелектричні галоші
- коврики і ізолюючі підставки
- ізолюючі кліщі
- струмовимірюючі кліщі
- вказувач напруги і струмошукач

гумові діелектричні рукавиці, галоші, боти і коврики як додаткові засоби використовувати при операціях, що виконуються з допомогою основних захисних засобів. Рукавиці використовують, як основний засіб при роботі під напругою до 1000 В, а галоші і боти використовують в якості засобу захисту від крокових напруг.

Ізолюючі підставки застосовують в якості ізолюючої основи. Монтажний інструмент з ізолюючими ручками застосовується при роботі під напругою в електроустановках до 1000 В.

Огороджуючі захисні засоби призначені для тимчасового огороження струмоведучих частин (тимчасові переносні огороження - щити, огороження – клітки, ізолюючі накладки, ізолюючі ковпаки.), для попередження

помилкових операцій – попереджувальні плакати, для тимчасового заземлення відключених струмоведучих частин з метою усунення небезпеки ураження працюючих струмом при випадковій появі напруги – тимчасові захисні заземлення.

Додаткові захисні засоби призначені для індивідуального захисту працюючих від світлових, теплових і механічних дій. До них належать захисні окуляри противогази, спеціальні рукавиці.

Кожний працівник до призначення його на постійну роботу по обслуговуванню електроустановок повинен пройти навчання безпечних методів роботи на робочому місці, перевірку знань і техніку безпеки.

Умови праці на виробництві характеризуються не тільки виробничим процесом, але і санітарно-гігієнічним середовищем. Якщо у виробничому процесі навантаження припадає головним чином на м'язову і нервову системи, то навколишнє середовище (температура, вологість опромінення, шум і т.п.) викликають зміни у функціонуванні органів дихання, зору слуху, кровообігу людини. Кожен із цих факторів окремо взятий, а тим паче в сукупності, при несприятливих умовах має шкідливий вплив на організм працюючого.

Для створення належних умов праці можна використовувати найрізноманітніші методи конструктивного покращення обладнання, раціональної організації виробництва і праці покращення загального устрою підприємства і цехів, застосування індивідуальних засобів захисту.

В основі вибору безпечного технологічного процесу в машинобудуванні лежить кілька ручних і машинно ручних операцій. На більшості верстатів і машин частина технологічних операцій виконується вручну. В цих умовах робітник часто знаходиться в небезпечній зоні. Тому полегшення і безпека праці під час роботи на верстаті налюбій машині досягається в першу чергу механізацією і автоматизацією ручних операцій.

Рекомендується застосування спеціальних автоматизованих пристроїв, що полегшують встановлення, зняття і закріплення деталі.при автоматизованому виробництві робота робітника зводиться до нагляду за роботою системи тому часто нещасних випадків, пов'язаних з безпосередньою роботою обладнання немає, так як робітник не входить в контакт з небезпечною

зоною машини. Раціональна організація виробництва і праці включає суворий нагляд і дотримання технічної дисципліни, правильну розстановку робочої сили, систематичний контроль за дотриманням норм і правил безпеки, а також правильне розташування підприємства, вибір типу будівлі планування обладнання і безпечна організація робочих місць.

Застосування досконалих засобів індивідуального захисту – відноситься до одного з методів покращення умов праці робітників і їх індивідуального захисту.

4.2 Застосування запобіжних муфт для захисту ріжучого інструменту від поломки

Застосування муфт пов'язане з тим, що більшість машин і в тому числі і їхній привід, компонують із окремих складальних одиниць, що мають вхідні і вихідні вали. Потреба у муфтах виникає у випадках, коли потрібне компенсування похибок взаємного розміщення валів, захист елементів машин від перевантаження, зменшення динамічних навантажень, захист ріжучого інструменту від поломок.

У машинобудуванні використовують дуже різноманітні муфти. Як самостійні складальні одиниці найбільш часто вживані муфти - стандартизовані.

Основною характеристикою кожної муфти є обертовий момент T_p , на передавання якого вона розрахована. Іншим важливим показником муфт є гранична частота обертання, габаритні розміри, маса і момент інерції щодо осі обертання.

Стандартні муфти не розраховують, а підбирають за обертовим моментом у відповідних довідниках. Лише у деяких випадках у разі потреби виконують перевірні розрахунки.

Муфти обраховують за розрахунковим обертовим моментом: $T_p = K_L \cdot T$, T - номінальний обертовий момент

K_n - коефіцієнт, що враховує короточасні перевантаження або режими роботи муфти.

Для машин з невеликими приводними масами і спокійному навантаженні $K_n = 1,0..1,5$, для машини із середніми масами та змінними навантаженням (поршневі компресори, стругальні верстати) $K_n=2$. У машин із великими приводами, масами і ударними навантаженнями (молоти, протяжні столи роторні дробарки) беруть $K_n=2,5..3,0$.

Усі муфти приводів машин за принципом роботи поділяють на три основних типи: механічні, електричні та гідравлічні. Усі муфти поділяються на чотири класи: некеровані, керовані, самокеровані і комбіновані.

До класу некерованих муфт належать усі нерозчіпні (постійно діючі) муфти (ведуча і ведена півмуфти) з'єднані між собою постійно. Глухі муфти призначені для жорсткого з'єднання співвісних валів. Вони бувають втулкові і фланцеві. Пружні муфти використовують переважно для зменшення динамічних навантажень у приводі, і можуть у деякій мірі компенсувати неспіввісність валів. Жорсткі компенсуючі муфти використовують для з'єднання валів із незначною неспіввісністю, спричиненою неточністю виготовлення та монтажу, а також пружними деформаціями валів.

До класу керованих муфт належать ті, за допомогою яких з'єднують і роз'єднують вали під час зупинки і роботи приводу. Ці муфти поділяються на кулачкові і фрикційні. Фрикційні муфти передають крутний момент за рахунок моменту сил тертя на робочих поверхнях їхніх деталей.

Запобіжні муфти використовують для захисту окремих органів машини чи верстата від перевантаження. Запобіжні муфти поділяють на кулачкові, кулькові і фрикційні. Такі муфти спрацьовують, коли обертовий момент перевищує деяке наперед задане значення.

Кулачкові запобіжні муфти не мають механізму примусового керування. Тут півмуфти замикаються зусиллям стиснутих пружин. Кулачкові запобіжні муфти стандартизовані (ГОСТ 15620-77) для діаметрів валів 8-48 мм, і обертових моментів 4-400 Н·м.

Кулькові запобіжні муфти при перевантаженнях під дією осьових зусиль, обумовлених формою впадин в одній із напівмуфт, кульки зміщуються в

осьовому напрямку і відбувається розмикання, для діаметрів валів 8-48 мм, обертового моменту 4-400 Н·м, і за ГОСТ 15621-74.

Фрикційні запобіжні муфти замикаються постійними зусиллями стиснутих пружин. Згідно з ГОСТ 15622-77 передбачають фрикційні запобіжні муфти для діаметрів валів 9-48 мм, і обертових моментів 6,3-400 Н·м.

4.3 Розрахунок запобіжного клапану, встановленого на апараті (машині), що працює з надлишковим тиском

Для забезпечення постійності швидкості проходження масла через машину використовують дроселі. Постійність швидкості руху дає можливість підтримувати сталий тиск в системі, що забезпечує безпечність праці при роботі з машинами, які працюють з надлишковим тиском. Залежність розходу масла через щілинний дросель від перепаду тиску на може бути визначена за формулою:

$$Q = cF \cdot \sqrt{\Delta p}, \quad (4.1)$$

При встановленні дроселя на вході

$$\Delta p = p_n - p_1. \quad (4.2)$$

При встановленні дроселя на виході:

$$\Delta p = p_n \frac{F_1}{F_2} - \frac{R + T}{F_2}, \quad (4.3)$$

При значеннях $p_n = 12$ кгс/см², $p_1 = 14$ кгс/см², $F_1 = 3.8$ см², $F_2 = 3.8$ см², $R = 5$ кгс, $T = 1$ кгс.

Отже, при встановленні дроселя на вході отримуємо

$$\Delta p = 14 - 12 = 2 \text{ кгс/см}^2.$$

а при встановленні на виході

$$\Delta p = 14 \frac{3,8}{3,8} - \frac{27 + 5,2}{3,8} = 5,52 \text{ кгс/см}^2.$$

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Поверхнево-пластичне деформування (ППД) є важливим засобом для зміцнення відновлених деталей і покращення їх фізико-механічних властивостей. Застосування ППД дозволяє збільшити зносостійкість відновлених поверхонь деталей в 1,5-2 рази, що є значним резервом для покращення їх якості.

Для зміцнення деталей на ремонтних підприємствах часто використовуються прості та доступні одноелементні пристрої. Однак, традиційне застосування цих пристроїв може негативно впливати на токарні верстати, що гальмує їх широке впровадження.

На основі вивчення літературних та патентно-ліцензійних джерел було обґрунтовано типові поверхні і деталі для зміцнення методом поверхнево-пластичного деформування (ППД) при відновленні. Також був проведений аналіз конструкції пристроїв, які використовуються для зміцнення деталей. Результати аналізу свідчать про доцільність розробки однороликових пристроїв, де сила опору перекошування ролика значно менша, ніж у пристроях з одним кульковим елементом.

При відновленні деталей в майстернях господарств і ремонтних підприємствах, поверхнево-пластичне деформування (ППД) має широке застосування для зміцнення деталей класу "тіла обертання". Зокрема, цей метод часто використовується для посилення підшипників, манжет, шківів, зірочок та інших поверхонь.

Шляхом аналізу графів та дослідження пристроїв для поверхнево-пластичного деформування (ППД) було розроблено конструкцію однороликового пристрою, призначеного для використання на токарно-гвинтових верстатах. Цей пристрій дозволяє ефективно застосовувати запропоновану схему зміцнення деталей за допомогою ППД.

Для зниження негативного впливу одноелементних пристроїв ППД на верстати, важливо розташовувати їх таким чином, щоб площа прикладання зусилля деформування утворювала кут від 25 до 35 градусів з вертикаллю. Це

становить значний відхил від традиційної схеми, де кут нахилу цієї площини складав 83-86 градусів.

Було досліджено та обґрунтовано параметри процесу і режими операції, а також встановлено функціональні залежності, які впливають на розмірні і якісні характеристики відновлених поверхонь.

Має сенс продовжити роботу, спрямовану на впровадження розробленого технологічного процесу та відповідних засобів на ремонтних підприємствах.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.
2. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2021. – 194 с.
3. Ляшук О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, В.М.Клендій, Р.В.Хорошун. – Тернопіль: Вид. ТНТУ – 2018. – С. 302.
4. Конспект лекцій (частина І) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с.
5. Конспект лекцій (частина ІІ) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д. Навроцька., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 184 с.
6. Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 136 с.
7. Левкович М.Г., Кищун В.А., Гандзюк М.О. Конспект лекцій з дисципліни «Аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 242 с.

8. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Dzyura, V., Aulin, V., Khoroshun, R. Interpreting the main power characteristics choice of the wheel vehicles guided cushioning system (2021) Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 23 (2), pp. B139-B149. (Scopus).

9. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

10. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.

11. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.

12. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Lebid, I., Nevko, I., Khoroshun R Matviyishyn, A. (2022). Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. Communications, 24(3), B247-B258.

13. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Левкович М.Г., Клендій В.М., Гупка В.В. Структурний синтез гальмівних систем з техніко-економічним обґрунтуванням // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". Вип. 71. Луцьк. Ред.-вид. відділ ЛТНУ.- 2021. – С. 228-233.

14. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон : Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

15. Ляшук О., Серілко Л., Гевко І., Кондратюк О., Цьонь О., Галан Ю. Investigation of the operation of vibration-centrifugal installation for automobile parts machining (Дослідження роботи вібраційно-відцентрової установки для обробки деталей автомобілів). Вісник ТНТУ, Тернопіль, 2021. № 1 (101), с. 80-89.

16. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.

17. Lyashuk, O., Levkovych, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semi-trailer body bottom. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2023, 118, 161-172. ISSN: 0209-3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.11>.

18. Булгаков В. М., Черниш О. М., Адамчук В. В., Березовый М. Г., Яременко В.В ТЕОРИЯ МЕХАНІЗМІВ І МАШИН - Центр навчальної літератури 2020 – 608 с.

19. Кошель С. О., Березін Л. М., Кошель Г. В. Технічна механіка. Розділ "Теорія механізмів і машин" - Центр навчальної літератури (ЦУЛ) 2020 – 156 с.

20. Кисликов В.Ф., В.В. Лущик Будова і експлуатація автомобілів. Підручник - Либідь м.Київ, 2018 – 400с.

21. Яременко В., Черниш О., Березовий М - Теорія механізмів і машин. Навчальний посібник - Центр навчальної літератури, 2018 – 464 с.

22. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.