

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ім. ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
другого магістерського рівня

на тему: «Розробка і обґрунтування технології відновлення поршневих пальців вібраційним деформуванням»

Виконав: студент 6 курсу групи Ат-63

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”
(шифр і назва)

Паневник І. Б.

(Прізвище та ініціали)

Керівник: Шарибура А.О.

(Прізвище та ініціали)

Рецензент: Сукач О.М.

(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

УДК 621.433.052

Паневник І.Б. **«Розробка і обґрунтування технології відновлення поршневих пальців вібраційним деформуванням».**

//Кваліфікаційна робота. – Дубляни: Львівський національний університет природокористування. 2024. – 89 с.

В роботі представлені способи відновлення і зміцнення поверхонь поршневих пальців, дана методика проведення досліджень, обґрунтовано застосування вібраційного методу зміцнення при відновленні деталей, зроблені дослідження зносостійкості відновлених поршневих пальців і розрахунки виробничих параметрів цеху.

При зносі поршневих пальців від 0,035 до 0,045 мм необхідна залишкова деформація по зовнішньому діаметру може бути досягнута при вібраційній деформації за один прохід з припусками 0,16-0,26 мм. Така обробка сприяє зміцненню оброблюваної поверхні. Оптимальні параметри обробки і інструменту: форма пуансона - конусна з кутом нахилу робочої його поверхні $=10^{\circ}30'$, швидкість деформації $V = 0,03$ м/с, амплітуда коливань пуансона $A = 1,25$ мм.

Розроблена технологія відновлення поршневих пальців вібраційним методом, розраховано техніко-економічну оцінку роботи.

Таблиць 6; рисунків 16; бібліогр. джерел 36

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 СПОСОБИ ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ	
ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ.....	9
1.1 Класифікація процесів зношування при терті ковзання.....	9
1.2 Методи підвищення зносостійкості деталей машин.....	14
1.3 Аналіз способів відновлення зношених деталей.....	22
1.4 Процес вібраційного зміцнення при відновленні деталей.....	25
Висновки за розділом.....	27
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ВІБРАЦІЙНОГО МЕТОДУ	
ЗМІЦНЕННЯ ПРИ ВІДНОВЛЕНІ ДЕТАЛЕЙ.....	28
2.1 Механізм напруженого стану поршневого пальця при обробці	
стиском.....	28
2.2 Вплив геометричних параметрів робочого інструменту,	
режимів обробки на характер звичайної і вібраційної деформації.....	35
2.3 Вплив мастила на якість оброблюваної поверхні.....	38
Висновки за розділом.....	39
3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	40
3.1 Методика лабораторних досліджень.....	40
3.2 Методика проведення стендових випробувань.....	50
Висновки за розділом.....	39
4 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ВІДНОВЛЕНИХ	
ПОРШНЕВИХ ПАЛЬЦІВ	52
4.1 Визначення оптимальних геометричних параметрів робочого	
інструменту.....	52
4.2 Дослідження статичної міцності зразків.....	57
4.3 Визначення напруги на зовнішній поверхні зразків в процесі	
деформації.....	59
4.4 Процес відновлення поршневих пальців вібраційним методом.....	61

4.5 Зносостійкість відновлених поршневих пальців і втулок верхніх головок шатунів.....	64
4.6 Експлуатаційна стійкість деталей.....	66
4.7 Розробка технології відновлення поршневих пальців методом вібраційної деформації.....	67
Висновки за розділом.....	69
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	
5.1. Безпека праці під час ремонту автомобілів.....	70
5.2. Розрахунок повітрообміну у проєктованому цеху	73
5.3. Заходи електробезпеки в проєктованому цеху.....	75
5.4. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	79
Висновки за розділом.....	79
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ПОРШНЕВИХ ПАЛЬЦІВ ВІБРАЦІЙНИМ МЕТОДОМ.....	
6.1 Вартість основних виробничих фондів.....	80
6.2 Собівартість ремонту.....	81
6.3 Очікувані техніко-економічні показники.....	81
Висновки за розділом.....	82
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	84
ДОДАТКИ.....	87

ВСТУП

Однією з найважливіших задач, що постають перед сільськогосподарським виробництвом, є злагоджена і надійна робота всіх машин, які входять до складу механізованих сільськогосподарських комплексів (трактор - сільськогосподарська машина - автомобіль), підтримання цієї техніки у працездатному стані, застосування нових ефективних методів відновлення зношених деталей. Від раціонального вирішення задач підтримання техніки у працездатному стані залежить економічна ефективність сільськогосподарського виробництва.

Застосування прогресивних технологічних процесів при відновленні зношених деталей забезпечує їх гарантовану стійкість і є одним з основних шляхів зниження фінансових та матеріальних витрат і ресурсів. Сучасні технології відновлення деталей, зокрема, поршневих пальців, ще не повністю задовольняють вимогам, що висуваються до якості відновлення.

До прогресивних, але недостатньо вивчених методів відновлення зношених деталей належить метод вібраційного деформування.

В зв'язку з цим особливо актуальність набули питання проведення досліджень по розробці і впровадженню технології відновлення деталей машин, що працюють в особливо специфічних умовах та різним ступенем навантаження у складі сільськогосподарських механізованих комплексів. Відновлення працездатності деталей вібраційним деформуванням, що забезпечує для них високу якість і економічність технологічного процесу, є важливим і актуальним.

Мета і задачі досліджень. Метою роботи є підвищення довговічності деталей і надійності сільськогосподарської техніки, що працюють в умовах різного ступеню завантаженості, шляхом їх відновлення вібраційним деформуванням. Для реалізації поставленої мети необхідно:

- розробити технологічний процес відновлення пальців, втулок верхніх головок шатунів двигунів вібраційним методом, який забезпечує зниження впливу ступеню завантаженості машин, що працюють у складі механізованих комплексів, підвищення надійності відновлених деталей і техніки;

- дослідити вплив вібраційної обробки на характер зміцнення деформованого стану відновлюваної деталі;

- вивчити вплив параметрів обробки і робочого інструменту при звичайному і вібраційному деформуванні;

- провести оцінку зносостійкості та економічної ефективності відновлення деталей вібраційним деформуванням при експлуатації машин, що працюють в умовах різної завантаженості.

Об'єкт досліджень. Технологічний процес відновлення деталей методом роздачі.

Предмет досліджень. Розробка технології відновлення деталей сільськогосподарської техніки вібраційним деформуванням.

1. СПОСОБИ ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ ПОРЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ

1.1. Класифікація процесів зношування при терті ковзання

При терті ковзання зношування деталей машин відбувається головним чином під впливом зовнішніх чинників. До параметрів зовнішніх умов тертя відносяться: тиск, характер додатка навантаження, швидкість відносного переміщення тіл, що труться, вигляд мастила і спосіб її підведення, форма і розміри поверхонь, що труться, і ін. Зміна зовнішніх чинників викликає зміни вихідних фізико - механічних властивостей матеріалів пари тертя і зношування поверхонь тертя.

При одному і тому ж навантаженні коефіцієнт і сила тертя можуть змінюватися в широких межах залежно від вигляду додатка навантаження, швидкості відносного переміщення, умов мастила. При терті поверхні деталей стикаються обмеженими ділянками, причому кількість і розміри контактуючих зон залежать перш за все від навантаження, механічних властивостей матеріалу і шорсткості поверхні.

При ковзанні ділянки контакту утворюються в часі. Тертя і зношування металу розвиваються в мікрооб'ємах зон, в яких взаємодіють поверхні, що труться. В процесі тертя на ділянках контакту виникає висока температура і відбувається зміна механічних властивостей металів.

В процесі взаємодії поверхонь тертя залучаються підповерхневі шари твердих тіл. Деформація і формозміни вихідного металу визначаються мікрогеометрією поверхонь тертя.

В роботі [6] процес тертя і зношування розрізняють в три етапи: утворення фрикційного зв'язку - взаємодія поверхонь; існування фрикційного зв'язку, обумовлене змінами, що протікають на дотичних поверхнях в процесі тертя в результаті деформацій; порушення фрикційного зв'язку і руйнування поверхні.

Якнай повніше пояснення явищ, що відбуваються при терті, наводиться в

[7]. Тертя має подвійну молекулярно-механічну природу. Розрізняють три види взаємодії поверхонь: механічне окремих шорсткостей; молекулярне, пов'язане з утворенням окисних плівок; молекулярне схоплювання.

Умови тертя можуть змінюватися в широкому діапазоні. Окремі параметри умови тертя можуть набувати різних значень і кожному поєднанню їх відповідатимуть певні явища і процеси, що протікають в поверхневому шарі металу.

Під впливом зовнішніх умов тертя активні поверхневі шари зазнають істотних змін. Ці шари металу із знов придбаними фізико-механічними властивостями, у свою чергу, вступають у взаємодію із зовнішнім середовищем і один з одним. У кожному конкретному випадку окремі параметри тертя можуть робити переважний вплив на протікання процесів і на характер зношування поверхонь.

Залежно від умов тертя і матеріалів пар тертя має місце той або інший вигляд порушення фрикційних зв'язків і зношування. Виходячи з особливостей цих порушень, встановлених в [21], була розроблена класифікація видів зношування, яка служить для розробки напрямів боротьби з надмірним зношуванням конкретних деталей з'єднань і вузлів машин.

Металеві поверхні в процесі пластичної деформації зазвичай зміцнюються, мікронерівності округляються. Сила і напруга тертя залежать від міцнісних властивостей тіла і закономірностей їх зміни в процесі деформації. Закономірності зміни міцнісних властивостей приконттактних шарів залежать від міри і швидкості деформації. Як правило, міцність приконттактних (поверхневих) шарів більше міцності шарів в об'ємі тіла в результаті додаткових деформацій зрушення, зрізу нерівностей, яким піддається деталь при обробці [21].

Будова поверхневого шару і, явища, що відбуваються в нім [22] грають особливу роль при протіканні процесу зношування матеріалів деталей машин. Стан поверхневого шару визначає процеси, що виникають при взаємодії з іншим тілом або довкіллям, наприклад, при зносі контактної деформації та ін.

[22]. Крім того, багато видів руйнування деталі починаються з поверхні і залежать від її стану [22].

На думку [10] особливий вплив поверхневого шару матеріалу на зносостійкість деталей зв'язано з наступними причинами.

По-перше, поверхневі шари наділені надлишком енергії, оскільки молекули і атоми, що знаходяться в поверхні, мають вільні зв'язки, які сприяють виникненню таких явищ, як зчеплення (когезія), поглинання (адсорбція), прилипання (адгезія) і інші види взаємодії, коли поверхневий шар набуває особливої будови.

По-друге, поверхневий шар формується в результаті всіляких технологічних процесів, які не лише утворюють необхідну форму поверхні і змінюють властивості матеріалу, але і викликають ряд побічних явищ, що змінюють властивості твердого тіла в його поверхні. Фізико-хімічні параметри поверхневого шару, його структура і напружений стан, як правило, сильно відрізняються від властивостей всього об'єму матеріалу.

По-третє, в процесі роботи з'єднання відбувається безперервна зміна (трансформація) параметрів поверхневого шару деталей в значно більшій мірі, чим зміни, що відбуваються за всім їх об'ємом.

Тому більшість відмов деталей, вузлів машин зв'язано, як вважають автори [9], з процесами, що протікають в поверхневих шарах, і їх природа не може бути пояснена без аналізу тих змін, які зазнає метал поверхневого шару при експлуатації виробів.

Процеси, що протікають в поверхневих шарах, оцінюються властивостями, що характеризують їх стан і по зміні яких можна судити про явища, що відбуваються при відновленні деталей машин. Ці параметри характеризують:

- геометрію поверхневого шару, включаючи мікрогеометрію і окремі дефекти поверхні;
- напруження, що виникають в поверхневих шарах як на окремих ділянках поверхні, так і в мікрооб'ємах;

- структуру поверхневого шару як наслідок пластичної деформації і інших дій.

На зношування поверхонь тертьових деталей машин, найбільш істотний вплив роблять тиск, фізико-механічні властивості матеріалів і мікрорельєф їх поверхонь. За всіх інших рівних умов ці параметри визначають міцність поверхні, а отже, і зносостійкість.

Згідно з дослідженнями ряду авторів [16-19] унаслідок специфічної конфігурації мікронерівностей жорсткість контакту у напрямі руху досить велика, а деформація мала. Тому за час контакту виступи мікро нерівностей деформуються лише у напрямі дії зовнішнього нормального навантаження. Окремі, найбільш виступаючі мікронерівності пластично деформуються навіть при незначних нормальних навантаженнях, оскільки виникаюча напруга перевершуватиме межу текучості матеріалу, що деформується, із-за малої фактичної площі контакту. Із збільшенням фактичної площі контакту зростає сила тертя.

Збільшення тертя пропорційне зростанню фактичної площі контакту. У міру зближення в контакт входять нові мікронерівності, які також деформуються. При цьому відбувається перерозподіл навантаження, внаслідок чого виступаючі мікронерівності деформуються нерівномірно і випробовують різний напружений стан. При тривалому контакті, що має місце при звичайній деформації, величина деформації прагне до певної межі, а отже, і фактична площа контакту прагне до деякого постійного значення за заданих умов вантаження, геометричних параметрів поверхонь і фізико-механічних властивостей матеріалу.

Фактична поверхня контакту змінюється значно в деталей з малою шорсткістю і не зазнає істотних змін в порівняно грубо оброблених деталей (рис.1.1).

Оскільки величина фактичної площі контакту і сили тертя залежать головним чином від шорсткості, фізико-механічних властивостей матеріалу і виду навантаження, то при вирішенні конкретної задачі необхідно визначити

переважаючий вигляд деформації.

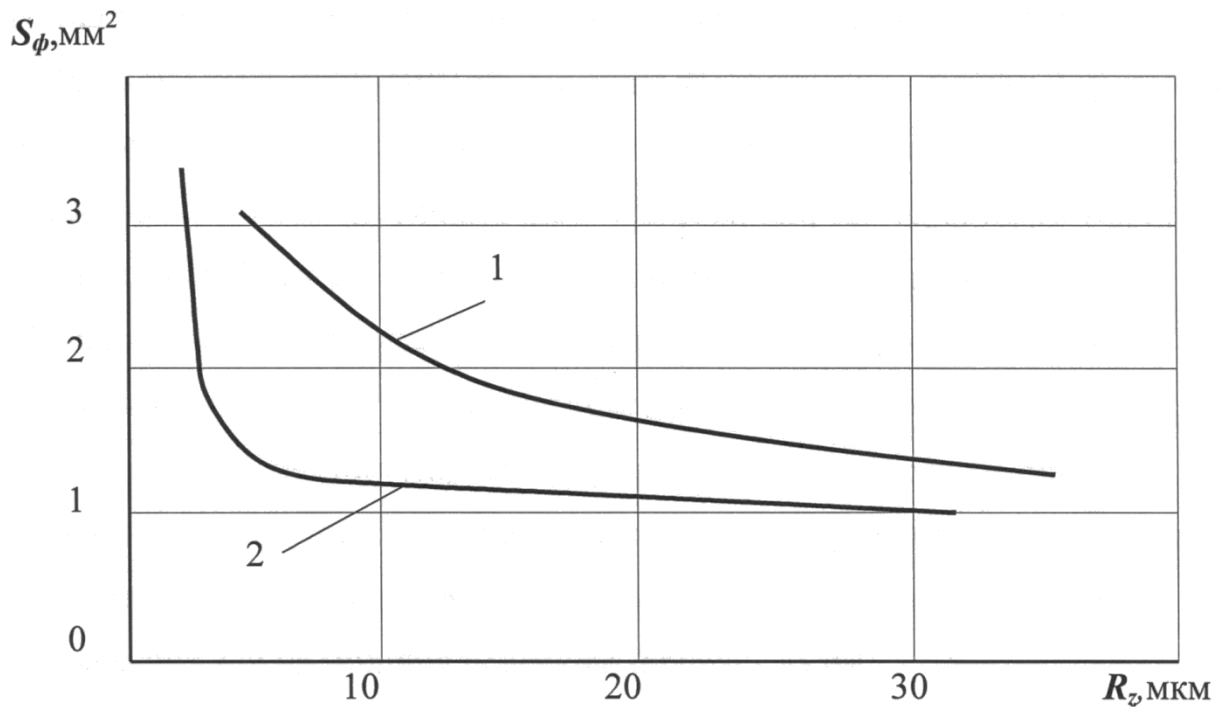


Рисунок 1.1 – Залежність площі фактичного контакту від шорсткості поверхні:

1 - бронза; 2 - сталь

При розтягуванні (стискуванні) металеві тіла зміцнюються і при повторній деформації пластична деформація відбуватиметься при напрузі, що перевищує межу текучості металу до зміцнення.

Вібраційна деформація сприяє більшому ущільненню оброблюваної поверхні і підвищенню жорсткості пари тертя. Обробка значно знижує виникаючі коливання сили тертя і збільшує зносостійкість відновлених деталей.

Зношування тертьових поверхонь в умовах тертя відбувається унаслідок пластичної деформації окремих нерівностей, видалення з поверхонь контактуючих ділянок зруйнованих адсорбованих і окисних плівок, руйнування металу на окремих ділянках контакту при одночасному протіканні окислювальних процесів, що найбільш зближуються на поверхні тертя. Масляна, адсорбована і окисна плівки розділяють тертьові поверхні до тих пір, поки під впливом тиску не станеться перебіг металу на ділянках контакту або не підвищиться температура тертя, при якій здатність масляної плівки значно знизиться. Подальше підвищення тиску або температури тертя до значень, при яких в ділянках контакту кристалеві і елементарні спотворення, що найбільш

зближують, знижуються і метал поверхневого шару пластично деформується, наводить спочатку до утворення надривів, а потім до виривання часток металу і перенесення їх на міцнішу поверхню іншого тіла [24].

В умовах тертя [25], коли відбувається подальше зміцнення металу в тонкому поверхневому шарі, товщина окисної або адсорбованої плівок досягає свого максимального значення, а знос тертьових поверхонь навпаки, стає мінімальним. Основною причиною, що викликає зниження зносу, є зміцнення металу при обробці, а також утворення твердих плівок.

Зношування робочих поверхонь деталей, що ковзають один відносно одного, завжди протікає при місцевому контактному напруженні. При контактному навантаженні твердого тіла, як і при інших видах навантажень, мають місце пружна і пластична деформація, а також руйнування шляхом зрізу і відриву [22].

При розгляді різних класифікацій зносу слід враховувати, що на практиці процес руйнування поверхонь тертя виглядає набагато складнішим, ніж це описано в багатьох роботах. У експлуатаційних умовах руйнування металу протікає при одночасній дії різних чинників, тому процес зносу є багатограним (змішаним) [18].

1.2. Методи підвищення зносостійкості деталей машин

Методи підвищення довговічності деталей машин можна розділити на три основні групи: конструктивні, технологічні і експлуатаційні [8].

Конструктивні методи підвищення довговічності деталей машин включають комплекс заходів, пов'язаних із створенням раціональної конструкції деталі, вузла машини. Серед них найбільш важливими є: правильний вибір конструктивного рішення, від якого залежить роботоспроможність з'єднаних деталей, економічність і ефективність агрегату, а також правильний вибір матеріалів і забезпечення рівномірності деталей і вузлів. Практика показує, що невдалу конструкцію можна значно поліпшити шляхом правильного підбору матеріалів для її деталей, але не можна успішно

експлуатувати «найрозумнішу» за задумом машину, якщо матеріал деталей і його властивості вибрані свідомо невірно [8].

Особливим, перспективним напрямом у вдосконаленні конструкції машин є створення саморегульованих і самовідновлюючих вузлів і пристроїв. Єство подібних конструктивних рішень полягає в тому, що система або пристрій автоматично регулюється, при цьому дотримується постійність основних геометричних параметрів деталей вузла в процесі експлуатації.

До технологічних методів підвищення довговічності деталей машин відносяться заходи щодо поліпшення властивостей матеріалів, застосованих в даній конструкції. Властивості деталі починають формуватися в процесі відливання, обробки тиском і механічної обробки. При виконанні вказаних операцій закладаються міцнісні характеристики та інші показники довговічності деталей машин. Всі подальші операції виготовлення або відновлення деталей зводяться до поліпшення експлуатаційних властивостей їх матеріалу [26].

Технологічним способам зміцнення робочих поверхонь деталей машин присвячена велика кількість робіт [26-34], які використовуються, в основному, в практиці машинобудування.

Класифікація способів зміцнення робочих поверхонь деталей приведена на рис. 1.2 [8]. Нижче наводяться технологічні можливості вказаних способів зміцнення.

1.2.1. Пластична деформація (наклепування) робочих поверхонь деталей машин

В даний час накопичені багаточисельні дослідні дані, які показують, що застосування поверхневого наклепування сприяє підвищенню втомної міцності як крупних, так і дрібних деталей [8].

Дробоструйна обробка застосовується для зміцнення валів, зубчастих коліс, ресор і інших деталей. Наклепаний шар, як вважають автори роботи [8], завглибшки 0,5-0,7 мм утворюється завдяки дії кінетичної енергії потоку дроби із швидкістю 30-90 м/с під кутом 70.

Для цієї мети використовують пневматичні і механічні дробоструйні установки. Твердість обробленої поверхні збільшується на 20-40%, залишкова напруга на обробленій поверхні досягає 390-780 МН/м², а товщина зміцненого шару складає 0,4-1,0 мм.

У машинобудуванні досить широке поширення отримало використання обкатування і розвальцьовування поверхонь деталей для зміцнення робочих поверхонь, підвищення їх зносостійкості. Є досить лабораторних і заводських даних, що свідчать про позитивний вплив поверхневого наклепування на зносостійкість металевих деталей, що працюють в умовах тертя з мастилом. Встановлено підвищення зносостійкості обкатаних шийок сталевих осей при роботі їх в парі з бронзовими вкладишами при рясному мастилі [24].

В роботі [18] були отримані дані, які підтверджують значне підвищення зносостійкості дисків при їх обкатці роликками. При цьому не обкатана поверхня обойми, що сполучається, також зношується менше, якщо диски зміцнені обкаткою. Було виявлено також, що в результаті обкатки роликками дисків коефіцієнт тертя істотно знижується. Аналізуючи зміну твердості в обкатаних дисках, автори дослідження вважають, що зростання зносостійкості у зв'язку з обкаткою дисків визначається не стільки приростом їх твердості, скільки підвищенням однорідності властивостей поверхневих шарів.

Використання мастила сприяє зниженню коефіцієнта тертя і температури контактних поверхонь, що позитивно впливає на процес деформації і сприяє здобуттю меншої шорсткості оброблюваних поверхонь деталей.

Основними особливостями вібраційного обкатування є: висока міра однорідності розмірів і форми мікронерівностей; створення мікрорельєфу з радіусами виступів і западин значно більшими, ніж при шліфуванні; зміцнення оброблюваної поверхні.

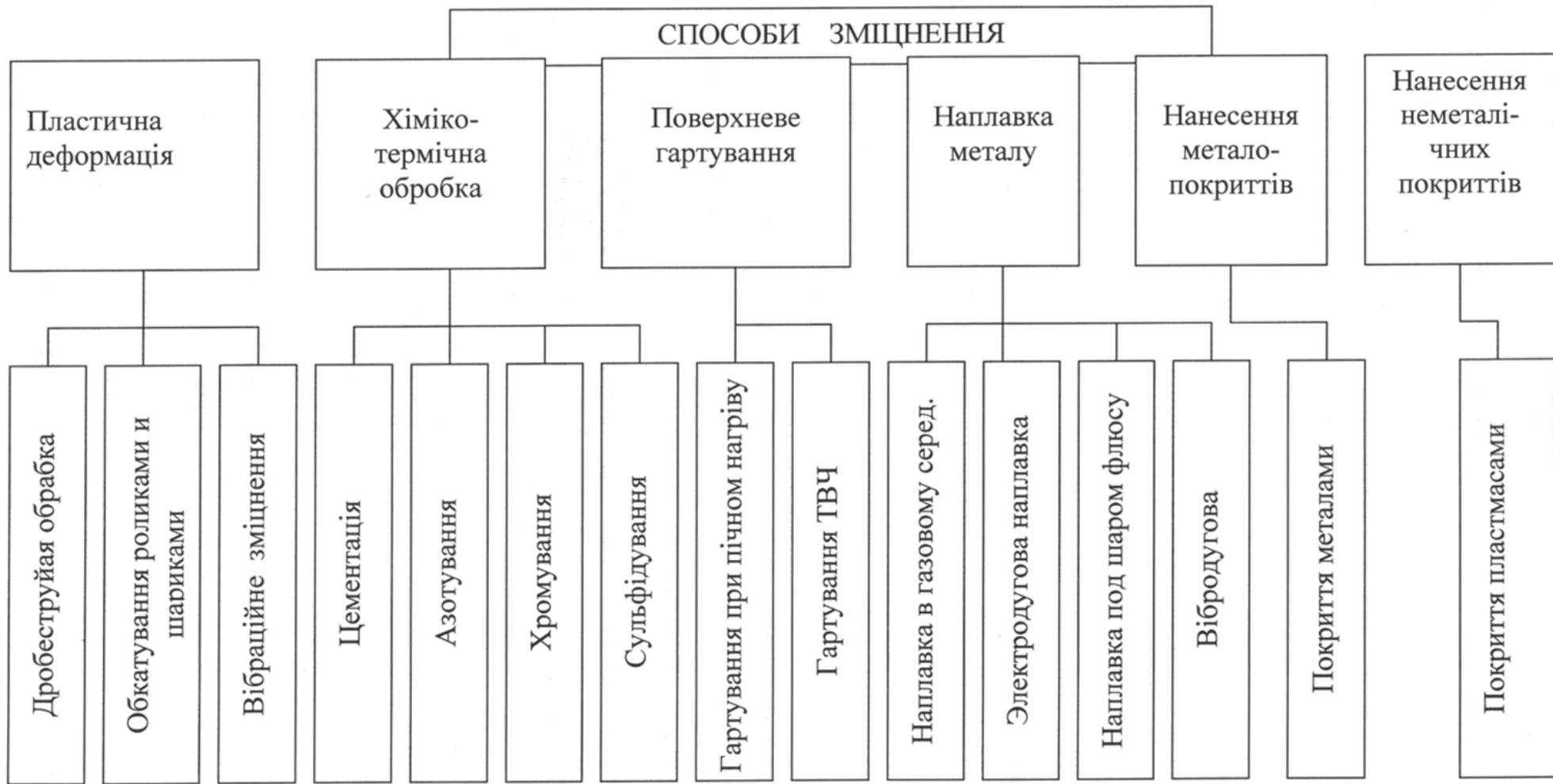


Рисунок 1.2 – Класифікація способів зміцнення

Віброобкатуванню піддаються деталі з чорних і кольорових металів і сплавів твердістю до 65HRC. Зусилля обробки знаходиться в межах 50-200Н, що дозволяє обробляти і малопластичні матеріали. Мікротвердість обробленої поверхні на 25-30% вище початковою, а залишкова напруга після віброобкатування в 1,3-1,7 разу більша. Зміцнення деталей вібронакоченням знижує коефіцієнт тертя в 1,6-2,2 разу, а також підвищує зносостійкість більш ніж в 2 рази [18].

1.2.2. Застосування хіміко-термічних способів зміцнення

Підвищення довговічності деталей машин при їх виготовленні може бути здійснене шляхом застосування різних методів хіміко-термічної обробки, яка дозволяє підвищити міцність і зносостійкість деталей.

Цементацію застосовують для зміцнення зубчастих коліс, кулачкових шайб, поршневих пальців і інших деталей. Практично глибина дифузії вуглецю для різних деталей змінюється від 0,5 до 2,0 мм [9]. Ефект зміцнення залежить від марки сталі, міцності серцевини, величини стискуючої напруги в поверхневому шарі, глибини шару і вмісту вуглецю в нім.

Насичення поверхні деталі азотом приводить до зміни структури і створює в поверхневому шарі залишкову напругу стискування. В результаті зміни хімічного складу, досягнення високої твердості шару і високої залишкової напруги в нім значно підвищується зносостійкість і втомна міцність азотованих сталевих деталей [9].

Для насичення поверхні деталей азотом з метою збільшення їх терміну служби застосовується дифузійне хромування. Насичення поверхонь хромом забезпечує ним високу жаростійкість, втомну міцність і сприяє опору термічним ударам. Твердість обробленої поверхні досягає 1600-2000HV, а глибина зміцненого шару - 0,02-0,03мм [9].

В хромованих деталей, що працюють при великих знакозмінних навантаженнях, тонкий зміцнений поверхневий шар робить позитивний вплив на зменшення зносу, якщо підкладкою є твердий вихідний метал. Хромовані поршневі пальці показали хороші експлуатаційні властивості, коли шар хрому

твердістю HV 635-785 був покриттям для металу з твердістю HV 1070-1300. Якщо шар хрому наносили на вихідний метал із зниженою твердістю, то знос деталі протікав досить інтенсивно. Тонкий шар хрому не оберігає вихідний метал від пластичної деформації. За даними [27] хромовані поршневі пальці двигуна ЗМЗ-53, що мали твердість вихідного металу HB280 і хромованого шару HB440-450, починали стукати після десяти годин роботи двигуна.

1.2.3. Поверхнєве гартування СВЧ

Особливістю поверхневого гартування є мала тривалість нагріву, завдяки чому отримуване виробом тепло не встигає поширитися на значну глибину. Тому гартування піддається лише поверхневий шар виробу, а серцевина залишається незагартованою і зберігає свої первинні властивості.

Зміна властивостей матеріалу при термічній обробці відбувається виключно в результаті певних змін його структури. Як метод зміцнення найбільш широкого поширення в практиці набуло гартування у поєднанні з відпуском. Гартування дозволяє отримувати в деталях не рівноважні структури, що володіють особливими властивостями. При гартуванні деталей, виготовлених з нелегованих або мало легованих залізовуглецевих сплавів, утворюється мартенсит, що володіє високою твердістю і міцністю [4].

Поширення в машинобудуванні набуло поверхнєве гартування індукційного нагріву. Воно знаходить застосування для всіляких відповідальних деталей автомобілів і тракторів (колінчасті і кулачкові вали, півосі, поршневі кільця і ін.). У сталевих деталях, підданих поверхневому гартуванню СВЧ, виникає значна залишкова напруга. Знак цієї залишкової напруги в поверхневих шарах деталі визначається двома чинниками, що протилежно діють - структурними змінами і тепловими діями.

1.2.4. Відновлення деталей наплавленням

Відновлення деталей наплавленням роблять в зоні інтенсивного зносу. Довговічність деталей визначається властивостями наплавленого шару. В цьому випадку як матеріал основи відповідальних деталей можуть застосовуватися звичайні конструкційні матеріали.

Газовим наплавленням можна отримати товщину відновленого шару 0,5мм і більше. Зміцнення газовим наплавленням може бути вироблене на деталях складної конфігурації і у важкодоступних місцях. Спосіб володіє низькою продуктивністю.

Застосування наплавлення електродугою доцільне при незначному об'ємі наплавлювальних робіт, а також при наплавленні важкодоступних місць деталей [12]. Твердість обробленої поверхні складає 200-400 НВ, а товщина відновленого шару досягає 2,0 мм.

Спосіб механізованого наплавлення під шаром флюсу широко застосовується в промисловості, відрізняється високою продуктивністю, забезпечує стабільність якості матеріалу, що наплавляється. Метод разом з наплавленням плоских поверхонь дозволяє робити наплавлення складних профілів, зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей типу тіл обертання. Наплавлення циліндрових деталей діаметром менше 50 мм утруднена, оскільки розплавлений сплав із-за великого розігрівання не встигає затвердіти і стікає з деталі.

Фізико - механічні властивості наплавленого шару можуть змінюватися в досить широких межах залежно від марки електродного дроту, флюсу і режиму обробки.

У ремонтному виробництві застосовують керамічні флюси АНК-18 і АНК-19. Твердість наплавленого шару змінюється в межах 18-45HRC залежно від вигляду флюсу і електродного дроту [12].

Спосіб зміцнення деталей наплавленням під шаром флюсу має недоліки: складність утримання флюсу на поверхні деталей до 50 мм, швидке і глибоке прогрівання, яке наводить до зміни властивостей і деформації деталей. Зміцнення поверхні деталей при відновленні доцільно застосовувати при зносі більше 2 мм [12].

Відмінною особливістю вібродугового наплавлення є можливість здобуття малої товщини наплавленого шару (0,3-3,0 мм), переривистий характер технологічного процесу і безперервне охолодження оброблюваної

поверхні.

Спосіб вібродугового наплавлення знаходить застосування при відновленні деталей, для яких потрібна мала товщина нарощування і рівномірність покриття при мінімальних деформаціях. До таких деталей належать всілякі вали, пальці різних вузлів машин, фланці, хрестовини карданів і багато інших деталей сільськогосподарських машин і устаткування. Твердість обробленої поверхні складає 500-650НВ.

Зносостійкість і корозійна стійкість можуть бути істотно підвищена при нанесенні на робочі поверхні деталей металевих і неметалевих матеріалів з високими експлуатаційними властивостями.

Все більше місце в рішенні задачі подальшого поліпшення якості поверхневого шару грають ті, що всілякі є і знов розробляються покриття, технологія нанесення яких є досить складним технологічним процесом [14,31], оскільки вимагає спеціальної підготовки поверхні.

Металізація широко застосовується при ремонті верстатного устаткування, відновленні деталей тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин. До деталей верстатного парку, відновлюваних металізацією, відносяться шпинделі верстатів, вали коробок швидкостей, опори ковзання і інші деталі, у тому числі деталі, що працюють при підвищених швидкостях і великих питомих тисках.

При ремонті автотракторних двигунів металізація напиленням застосовується для відновлення шийок колінчастих валів. Відновлення колінчастих валів автомобільних двигунів рекомендується виробляти із застосуванням анодно-механічної обробки як для підготовки поверхні під металізацію, так і для остаточної обробки [13]. Нанесення на робочі поверхні деталей неметалічних матеріалів (лакофарбові покриття, покриття пластмасами) дозволяє отримати товщину зміцненого шару в межах 0,15-0,30 мм.

Перераховані вище способи відновлення і зміцнення поверхні деталей застосовуються, як правило, в спеціалізованих РТП і промислового виробництва. При відновленні зношених автотракторних деталей в майстернях

вони не знайшли ще широкого застосування, що пояснюється наступними причинами– досить широкий діапазон зносу вказаних деталей та різні фізико - механічні властивості матеріалів.

1.3. Аналіз способів відновлення зношених деталей

Огляд літературних джерел і ознайомлення з досвідом відновлення деталей типу втулка, зокрема поршневих пальців автотракторних деталей, дозволив скласти схему класифікації способів відновлення цих деталей (рис 1.4).



Рисунок 1.3 – Класифікація відновлення деталей типу втулок

1.3..1 Деформація в холодному стані

Відновлення порожнистих циліндрових деталей пластичною деформацією в холодному стані зазвичай застосовується при високій пластичності матеріалу, з якого вони виготовлені.

Роздача деталей з цементованою, загартованою зовнішньою поверхнею в холодному стані, коли метал малопластичний, може бути здійснена лише при малих припусках, які не дозволяють отримати належну величину деформації,

що забезпечує компенсацію зносу відновлюваних деталей. Деформація вказаних деталей при великих припусках наводить до виникнення на їх поверхні тріщин, надривів і інших дефектів [14].

Деформація в холодному стані повинна забезпечувати збільшення зовнішнього діаметру відновлюваних деталей на величину, яка компенсує їх знос і забезпечує необхідний припуск для подальшої механічної обробки.

Відновлення поршневих пальців автомобільних карбюраторних двигунів робиться за один-два проходи робочого органу. Проте при цьому спостерігається великий (до 70%) відсоток браку [23].

У літературі наводяться дані відновлення поршневих пальців продавлюванням пуансоном кулевидної форми [23].

Після обробки деталі піддаються гартуванню з подальшим охолодженням у воді або в соляних ваннах для здобуття необхідної твердості. Потім їх піддають відпуску для зняття залишкової напруги розтягування загартованої поверхні.

Технологічний процес відновлення завершується шліфуванням і поліруванням зовнішньої поверхні [33].

Вторинне відновлення поршневих пальців деформацією в холодному стані наводить до значного збільшення браку унаслідок зменшення їх товщини.

Закономірності між параметрами деформації, структурою і властивостями матеріалу, що деформується, необхідні для розробки режимів холодної обробки при відновленні деталей, описані в літературі для обмеженої кількості матеріалів [13].

Електрогідравлічна обробка є принципово новим способом перетворення електричної енергії в механічну. Суть цього способу полягає в створенні усередині об'єму рідини електричного розряду з утворенням ударної хвилі тиском до 1500 МПа, що викликає зміну форми і розмірів оброблюваної деталі.

У літературі [35] наводяться деякі дані відновлення поршневих пальців двигуна ЗІЛ-130 із застосуванням електрогідравлічного ефекту.

Вказані вище способи обробки металів тиском в холодному стані в

основному застосовуються в промисловому виробництві для деталей типу стаканів, втулок, шестерень з конструкційних вуглецевих і легованих сталей.

У ремонтному виробництві ці способи не знайшли в даний час широкого вживання, зважаючи на складність технологічного процесу і відсутності дорогого устаткування.

1.3.2. Способи деформації в нагрітому стані

Унаслідок недостатньої пластичності ряду металів процеси деформації вимагають попереднього нагріву. При деформації в нагрітому стані витрачається менше зусилля деформації і забезпечується можливість здобуття максимальної зміни форми оброблюваній деталі.

Ряд авторів [23-25] відзначає, що для порожнистих заготовок малих розмірів важко витримати температурний режим деформації: охолодження при контакті з холодним інструментом, втрати теплоти в довкілля. Тому гарячу обробку тиском, на їх думку, доцільно застосовувати для середніх і крупних деталей.

У промисловому виробництві використовують, в основному, наступні способи відновлення поршневих пальців в нагрітому стані: прошивку, розкочування і гідротермічну роздачу.

Перед прошивкою поршневі пальці нагрівають струмами високої частоти до температури 1050-1150К, а потім розробляють технологічний процес прошивки і гартування у воді з подальшим відпуском при температурі 450-470К [32].

При відновленні поршневих пальців розкочуванням зусилля прикладають до внутрішньої і зовнішньої їх поверхням. Після розкочування пальці обробляють на безцентрово-шліфувальних верстатах.

Попередній нагрів поршневих пальців при їх обробці вимагає застосування додаткового устаткування, ускладнює технологічний процес і викликає збільшення собівартості відновлення. Нагрів матеріалу поршневих пальців приводить до зміни його структури, збільшення небажаної внутрішньої напруги.

Спосіб гідротермопластичного відновлення полягає в нагріві оброблюваної порожнистої циліндрової деталі струмами високої частоти до температури 1123 К з подальшим швидким охолодженням водою, що пропускається через внутрішню порожнину. Поверхневі шари металу пальця, нагріті до вищої температури, прагнуть розширитися. Внутрішні ж шари, які менш нагріті, перешкоджають цьому розширенню. В результаті поверхневі шари піддаються напруженню стискування, а внутрішні - розтягування.

Збільшення діаметру поршневих пальців залежить від часу нагріву і охолодження, температури рідини, що охолоджує, напруги генератора [36]. Цей спосіб не забезпечує рівномірність роздачі по діаметру і довжині поршневого пальця із-за нерівномірного охолодження його внутрішньої поверхні унаслідок утворення оболонки пари на кордоні метал-рідина. Наявність оболонки пари утрудняє теплопередачу в середній частині поршневого пальця [36].

1.3.3. Відновлення нанесенням металопокриття

Відновлення поршневих пальців нанесенням металопокриття здійснюється хромуванням і залізненням [12]. Технологічний процес нанесення гальванопокриття включає механічну обробку поверхні, знежирення, анодне протруєння і пасивацію.

В роботі [33] зазначено, що недоцільним є відновлення поршневих пальців хромуванням, зважаючи на нерівномірний знос хромового покриття по їх довжині.

У літературі [27] описаний технологічний процес відновлення поршневих пальців нанесенням електролітичних покриттів, що включає подальшу механічну обробку (шліфування на безцентровошліфувальному верстаті і полірування) до номінального розміру.

1.4. Процес вібраційного зміцнення при відновленні деталей

Останнім часом отримав новий метод обробки металів на основі використання механічних коливань - вібрацій. Вібрація пов'язана з поняттям

збурюючої сили, яка періодично може мінятися по величині і напрямку.

Робота збурюючої сили відшкодовує втрату енергії на тертя і інші опори, підтримуючи тим самим коливальний процес. Джерелом збурюючої сили є вібратор - привод вібраційних машин.

Підвищена інтенсивність протікання процесів за наявності вібрацій обумовлена характером дії їх на оброблювані предмети. Вібраційна обробка в технології машинобудування є новим, прогресивним напрямом, можливості якого і сфери застосування ще не повністю вивчені [8].

Широкі технологічні можливості цього методу у поєднанні з високою продуктивністю на очисних, шліфувально-полірувальних і зміцнюючих операціях ставлять його в число найбільш актуальних і перспективних способів обробки і зміцнення деталей машин [8].

Доведено, що при вібраційному шліфуванні циліндрів двигунів, продуктивність праці збільшується в два рази і підвищується якість обробки [8].

При відновленні масляних фільтрів грубого очищення дизельних двигунів методом вібрації в три рази підвищується ефективність технологічного процесу. При вібраційному притиранні клапанів значно підвищується їх зносостійкість за рахунок зміцнення робочих поверхонь [8].

Віброзміцнення є універсальним методом зміцнюючої обробки. Найбільш наочні його переваги видно при обробці деталей складної форми, а також при зміцненні великої партії деталей малих розмірів в умовах промислового виробництва [20].

Питання вібраційної деформації деталей типу втулок ще не отримало достатнього висвітлення. Відсутня певна теорія поведінки металу при вібраційній обробці зразків типу втулок [20]. Немає конкретних єдиних рекомендацій про форму оброблювального інструменту, оптимальні розміри і їх співвідношення. Недостатньо освітлені питання за визначенням величини зусилля деформації при обробці циліндрових зразків. Не виявлені закономірності, що дозволяють визначати зусилля обробки залежно від таких параметрів, як геометрія інструменту і оброблюваних зразків, режимів обробки.

Висновки за розділом

Вивчення літературних джерел і аналіз їх даних дозволяють зробити наступні висновки:

1. Застосований в машинобудуванні метод вібраційного деформування є найбільш актуальним і перспективним при обробці і зміцненні деталей машин. Проте, широке його використання при відновленні деталей обмежене унаслідок недостатнього вивчення процесу.

2. Відсутність досліджень в області вібраційного зміцнення матеріалу стримує її використання при відновленні зношених поверхонь деталей машин.

3. Для здобуття глибших уявлень про механізм вібраційної деформації, зміцнення оброблюваної поверхні і розширення області використання вібраційної обробки при відновленні деталей типу втулок необхідне проведення експериментальних досліджень.

РОЗДІЛ 2. ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ВІБРАЦІЙНОГО МЕТОДУ ЗМІЦНЕННЯ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ

2.1. Механізм напруженого стану поршневого пальця при обробці тиском

При деформації поршневого пальця напружений стан елементарного об'єму характеризується наявністю радіальної, тангенціальної і осьової напруги (рис 2.1).

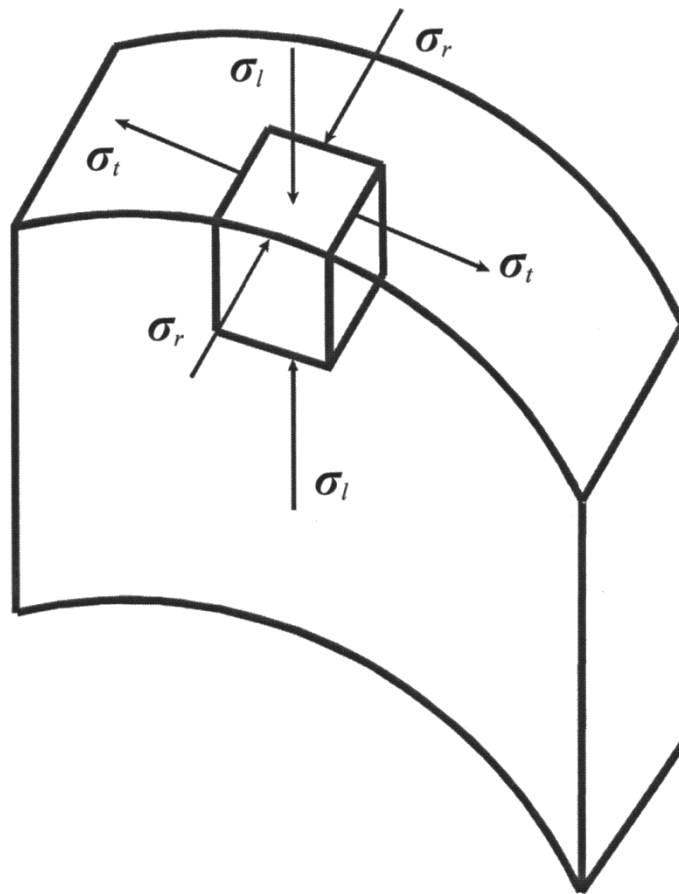


Рисунок 3.1 – Схема дії напруги на елементарний об'єм

Радіальна напруга виникає в результаті нормального тиску пуансона на матеріал поршневого пальця.

Тангенціальна розтягуюча напруга з'являється унаслідок того, що шари металу довкола пуансона, зважаючи на збільшення діаметру пальця при роздачі, розтягуються.

Осьова стискуюча напруга виникає в результаті наявності сил тертя між поверхнею пуансона і внутрішньою поверхнею поршневого пальця, а також

зважаючи на протидію матеріалу пуансона, що знаходиться попереду.

Як показують дослідження напруженого стану труб, підданих внутрішньому тиску [28] осьова і радіальна напруга, що виникає в трубі, значно менше, ніж величина тангенціальної напруги. Тому при подальшому аналізі нас цікавитимуть в основному тангенціальна напруга, яка може викликати руйнування металу поршневого пальця при обробці або в процесі роботи двигуна.

Стан поршневого пальця від величини деформацій і напруги, головним чином, залежить від припуску на обробку і характеру додатка навантаження, якщо прийняти постійними механічні показники міцності матеріалу пальця і глибину його загартованого шару.

При деформації виникає нерівномірний напружений стан. Матеріал серцевини поршневого пальця має відносно невисоку межу текучості. Тому в процесі деформації з невеликими припусками 0,06-0,10 мм вона почне пластично деформуватися. Із збільшенням допуску на обробку до 0,11-0,16 мм пластична деформація поширюється на весь її перетин.

Після зняття навантаження, унаслідок нерівномірної деформації різних зон поршневого пальця, останні, пружно деформуючись, є джерелами появи внутрішньої напруги протилежних знаків. Ця внутрішня напруга взаємно врівноважується по товщині стінки поршневого пальця. Зовнішня поверхня поршневого пальця в процесі роздачі деформується пружно і після зняття навантаження не може повернутися до вихідних розмірів. Цьому перешкоджає залишкова деформація внутрішньої поверхні, деформованої пластично. Тому зовнішня поверхня поршневого пальця після зняття навантаження випробовуватиме дію розтягуючої тангенціальної внутрішньої напруги.

Середні шари поршневого пальця знаходитимуться під дією стискуючої внутрішньої напруги.

При деформації поршневих пальців з припусками, відповідним відносним подовженням, напруга у внутрішній поверхні дорівнює межі текучості. У зовнішній поверхні напруга знаходитиметься у встановлених межах. При

деформації з вказаними припусками після зняття навантаження матимуть місце залишкові деформації.

Проведений аналіз дозволяє встановити лише характер зміни напруги у вказаних поверхнях поршневого пальця у момент проходження пуансона через його отвір, а також характер внутрішньої напруги при знятті навантаження.

Кількісно визначити величини деформацій і напруги можна лише розрахунком. В зв'язку з цим при рішенні поставленої задачі прийняті наступні допущення.

1. Поршневий палець складається з двох тонких оболонок (поверхонь). Припуски в процесі деформації викликають в зовнішній поверхні пальця лише пружні деформації, а у внутрішній - пластичні. Матеріал пуансона в процесі обробки деформується пружно. Справедливість даного припущення витікає з того, що перехідна зона поршневого пальця від структури внутрішньої поверхні до зовнішньої займає малий об'єм, у зв'язку з чим при розрахунку нею можна нехтувати.

Слід враховувати, що структура зовнішньої поверхні поршневого пальця і пуансона характеризується високим значенням межі текучості, а структура внутрішньою - порівняно низьким значенням цього показника, що визначає пластичність матеріалу.

2. У зовнішній і внутрішній поверхнях поршневого пальця діє лише тангенціальна напруга. Дане припущення може бути прийняте, оскільки в тонких оболонках, підданих внутрішньому або зовнішньому тиску, радіальна напруга мала. Осьова напруга по своїй величині значно менше основних, тобто тангенціальних.

3. Матеріал внутрішньої поверхні поршневого пальця в пластичному стані нестикуваний, тобто об'ємна відносна деформація дорівнює нулю [19].

4. У зовнішній поверхні поршневого пальця пружні деформації постійні при роздачі з вибраним припуском. Це допущення може бути прийняте, оскільки товщина зовнішньої зони пальця вкрай незначна.

5. Пластичні деформації на внутрішній поверхні поршневого пальця

(в процесі деформації стикається з робочою поверхнею пуансона) більше на деяку величину пружних деформацій зовнішньої поверхні. Коефіцієнт, що враховує цю різницю, залежить від вибраного припуску на обробку і може бути визначений лише експериментально.

Останнє допущення достатнє справедливе, оскільки відомо, що пластичні деформації за величиною завжди більше пружних. Необхідно також враховувати, що при деформації має місце те, що часткове зрізує рухомим пуансоном нерівності внутрішньої поверхні поршневого пальця.

Припуск при роздачі (деформації) може бути визначений, як сума абсолютних деформацій поршневого пальця по діаметру отвору і пуансона, викликаних тиском на з'єднаних поверхнях:

$$\Pi = 2\Delta r + 2\Delta r_n \quad (2.1)$$

де:

- абсолютна деформація по діаметру отвору поршневого пальця при деформації;
- абсолютна деформація по діаметру пуансона.

Згідно першого, четвертого і п'ятого допущень абсолютна пластична деформація по діаметру отвору поршневого пальця при деформації може бути виражена:

$$\Delta r = k\Delta r_{г.р.} \quad (2.2)$$

де k - коефіцієнт, залежний від припуску при деформації і визначений експериментально;

Δr - абсолютна деформація по радіусу границі розділу пластичної і пружної зон в поршневому пальці при деформації.

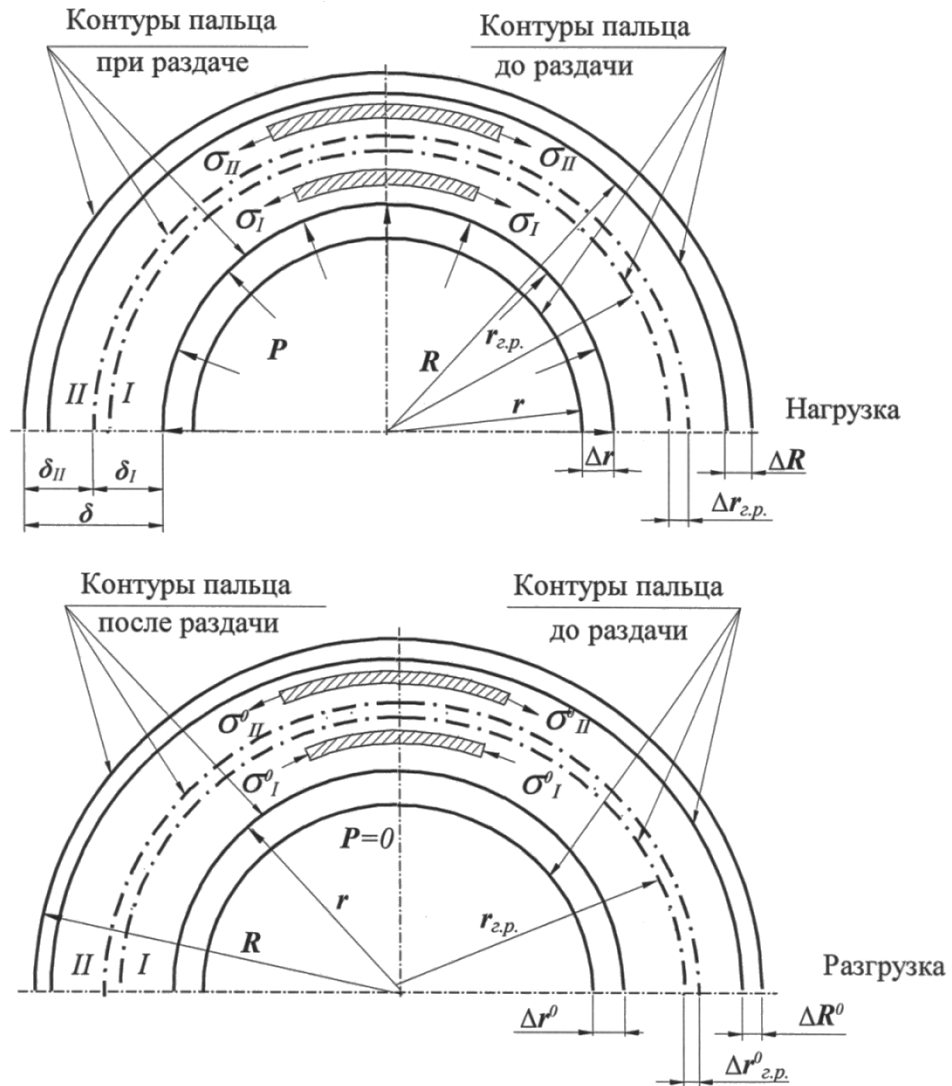


Рисунок 2.2 – Контури зразків

При деформації з припуском $=0,15\text{мм}$ розтягуючі напруження, що діють в зоні пружних деформацій поршневого пальця, складають при звичайній деформації 160 МПа , а при вібраційному - 112 МПа . Таке напруження не приводить до появи в цій зоні пластичних деформацій, оскільки межа текучості матеріалу зовнішньої поверхні поршневого пальця більше вказаної напруги. Величина залишкової деформації поршневого пальця по зовнішньому діаметру складає при звичайній деформації $0,012\text{ мм}$, а при вібраційному - $0,021\text{ мм}$.

Вказане збільшення зовнішнього діаметру при припуску на обробку $0,15\text{ мм}$ є недостатніми для відновлення поршневих пальців, що мають знос більше $0,02\text{ мм}$. В результаті пластичної деформації внутрішньої поверхні поршневого пальця після зняття навантаження в ній залишається залишкова напруга. У зовнішній поверхні розтягуюча залишкова напруга, викликана роздачею з

вказаним припуском, складає при вібраційній деформації 38 МПа, а при звичайному - 51 МПа. При цьому залишкова напруга стискування, що залишилася у внутрішній поверхні, рівна при вібраційній деформації 40 МПа, а при звичайному - 56 МПа [8].

Отримані залежності (рис. 3.3) показують, що збільшення глибини загартованого шару в поршневому пальці досить значно змінює рівень залишкових деформацій і напруги, як в умовах звичайного, так і вібраційної деформації. Відповідно зменшується величина залишкової розтягуючої напруги в зовнішній поверхні пальця і збільшуються ті, що стискають - у внутрішній.

Збільшення межі текучості матеріалу внутрішньої поверхні пальця трохи змінює величини напруги і деформацій в процесі як звичайної, так і вібраційної деформації (рис 3.4). В той же час залишкові деформації і напруга досить значно зменшуються при збільшенні цього параметра.

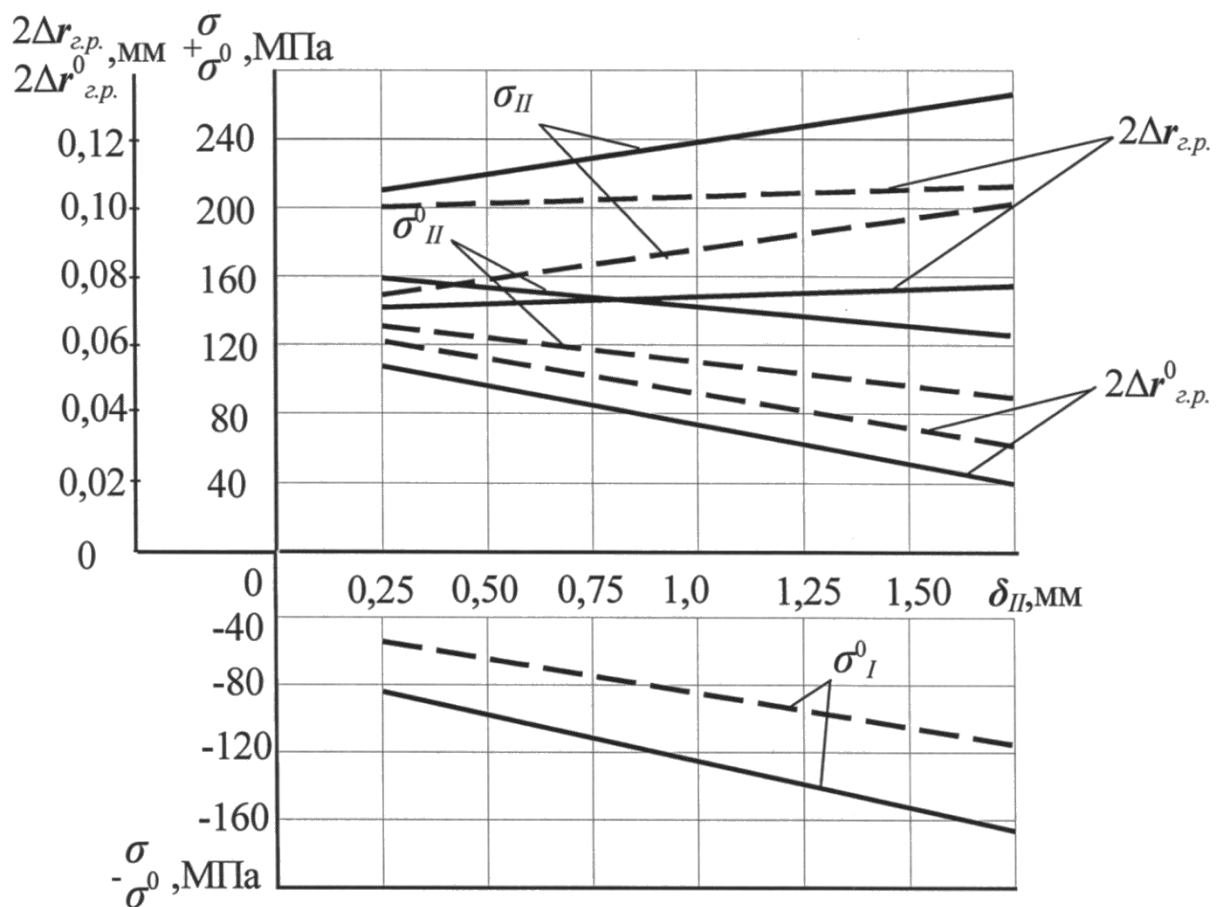


Рисунок 2.3 – Зміна напруги і деформацій залежно від глибини δ_{II} загартованого шару:

— звичайна деформація; - - - вібраційна деформація

При аналізі напруженого стану поршневого пальця передбачаємо, що отримані розрахунковим шляхом чисельні значення залишкової напруги в зовнішній і внутрішній поверхнях відповідають максимальним значенням розтягуючої і стискуючої напруги.

Для визначення дійсної залишкової напруги, що діє в поршковому пальці після деформації, окрім залишкової напруги, викликаної пластичною деформацією внутрішньої поверхні, необхідно також враховувати залишкову напругу від гартування пальця СВЧ при його виготовленні.

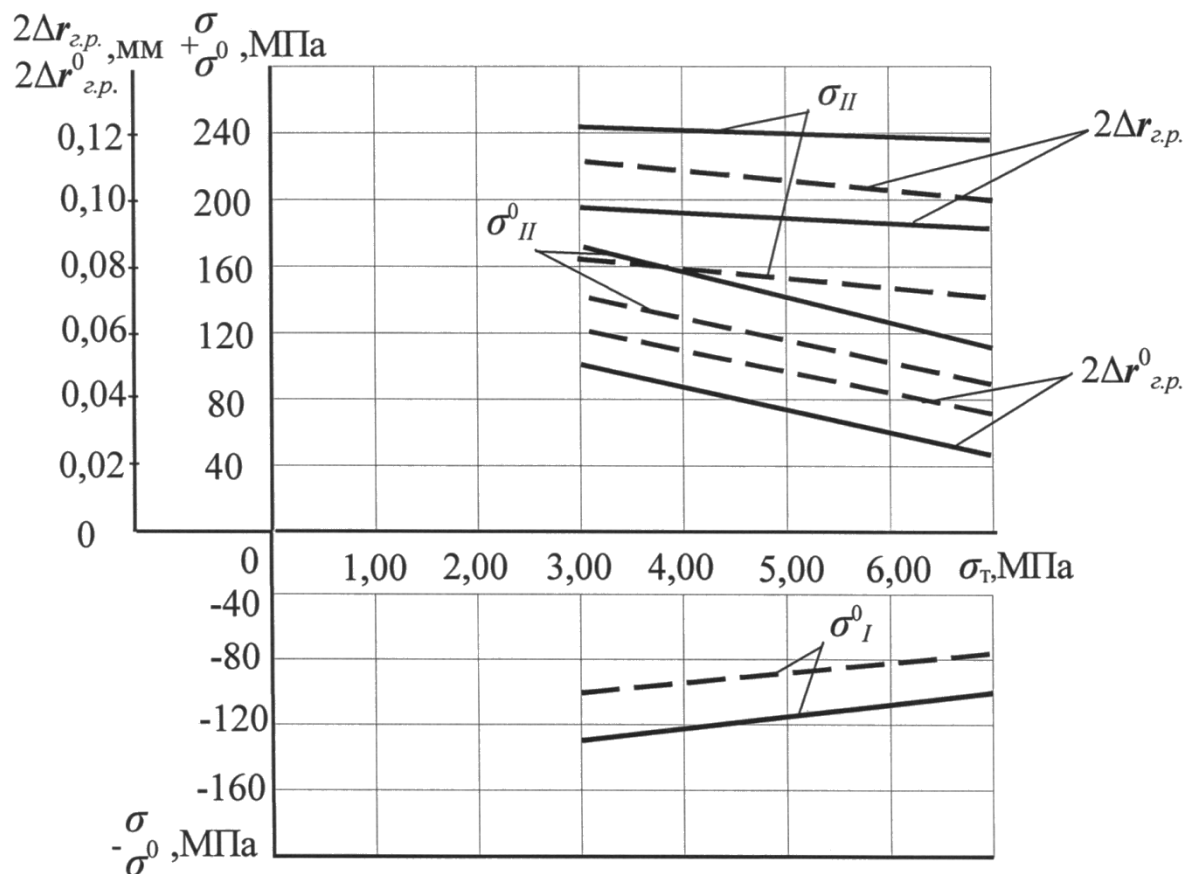


Рисунок 2.4 – Зміна напруги і деформацій залежно від межі текучості:

-----звичайна деформація; - - - вібраційна деформація

Причиною виникнення залишкової напруги при поверхневому гартуванні є неоднакові зміни об'єму різних зон матеріалу поршневого пальця, що відбуваються унаслідок специфічних умов нагріву і охолодження в процесі гартування, пов'язані з утворенням великих температурних градієнтів, а також унаслідок структурних перетворень.

При поверхневому нагріві зовнішній шар металу поршневого пальця стає

пластичним, а внутрішній - залишається холодним і пружним. Нагрітий зовнішній шар прагне розширитися, але під дією холодного внутрішнього матеріалу викликає пластичну деформацію. Після охолодження теплове стискування деформованого зовнішнього шару на холодній і не деформованій серцевині викликає виникнення розтягуючої напруги в зовнішньому шарі.

В результаті фазових перетворень при гартуванні виникне напруга стискування, а в серцевині - розтягування. Величина залишкової напруги в поршневих пальцях, викликаних поверхневим гартуванням, може бути визначена лише експериментально.

Стан поршневого пальця після термічної обробки характеризується наявністю трьох головних напруг: тангенціальної, осьової і радіальної. Значною є тангенціальна залишкова напруга, яка є найбільш небезпечною.

Таким чином, в поршневому пальці, підданому роздачі, виникатиме залишкова напруга від пластичної деформації його внутрішньої поверхні і термічної обробки пальця при його виготовленні.

2.2. Вплив геометричних параметрів робочого інструменту, режимів обробки на характер звичайної і вібраційної деформації

В процесі обробки тиском в більшості випадків форма поверхні деталі і якість її визначаються використовуваним робочим інструментом. Саме форма оброблювального інструменту є однією з причин нерівномірності протікання деформації. У свою чергу, нерівномірність деформації призводить до неоднорідності властивостей матеріалу оброблюваних деталей.

Викликана формою робочого інструменту нерівномірна деформація сприяє появі на поверхні деталі додаткової напруги різних знаків.

В [24] сформульовано положення про виникнення додаткової напруги, яку необхідно враховувати під час вибору форми робочого інструменту. Суть їх полягає в тому, що «в шарах і елементах тіла, що деформується, прагнучих в даному напрямі до більшої зміни розмірів, виникає додаткова напруга, знак якої відповідає зменшенню розмірів в даному напрямі; у шарах і елементах,

прагнучих до меншої зміни розмірів, виникає додаткова напруга, знак якої відповідає збільшенню розміру».

Основна напруга, підсумовуючись з додатковими, складає результуючу, що визначає напружений стан оброблюваного металу деталі.

У роботах ряду дослідників [20-21] підкреслюється, що форма робочого інструменту робить істотний вплив на процес обробки, а також наводяться деякі дані її вибору.

При деформації внутрішньої поверхні деталей (розкочування, дорнування, роздача) використовуються розкочування роликками або кульками, дорни сферичної і конічної форми, а також пуансони кульової, напівкульової і конічної форми.

При деформації деталей пуансоном кульової (напівкульової) форми зусилля, що витрачаються на обробку в радіальному напрямі і по руху пуансона, матимуть різні значення в точках контакту з поверхнею. Такий характер розподілу зусиль сприяє нерівномірності деформацій як по діаметру, так і по довжині зразка, що погіршує властивості оброблюваного матеріалу.

Зусилля обробки деталей типу втулок робочим інструментом конічної форми в усіх точках контакту постійні для певного значення кута нахилу пуансона. Це забезпечує більш рівномірне протікання процесу деформації матеріалу і сприяє зміцненню.

З врахуванням практичних і наявних в літературі даних була вибрана конусна форма робочого інструменту - пуансона, що є більш раціональною при обробці деталей типу втулок.

Складний вплив на напругу деформації разом з формою надає і кут нахилу пуансона, оскільки деформація здійснюється в робочому конусі. Призначення калібруючої частини (поясочка) сприяє наданню профілю заданих розмірів поперечного перетину, що деформується, і підвищенню якості оброблюваної поверхні.

Кут нахилу пуансона сприяє формуванню напруженого стану при роздачі порожнистої деталі і тим самим робить вплив на процес зміцнення. Із

збільшенням кута нахилу підвищується напруга роздачі із-за нерівномірності деформації і знижується сила контактного тертя унаслідок зменшення поверхні контакту пуансона з деталлю. Тому залежно від матеріалу деталей, профілю, умов деформації рекомендується призначати кут нахилу робочого інструменту в межах $3-17^{\circ}$ [8].

За даними автора [23], для металів з підвищеною пластичністю кут нахилу рекомендується приймати ближче до нижнього значення вказаного діапазону, а для твердіших - ближче до верхнього значення.

Кут нахилу пуансона при вібраційному навантаженні можна призначати декілька більшим, ніж при звичайній роздачі. Це пояснюється тим, що при вібраційній деформації відбувається зниження контактної тертя із-за періодичного ослаблення контакту пуансона з оброблюваною поверхнею.

На величину кута нахилу пуансона робить вплив значення діаметру оброблюваної поверхні. Про міру впливу в літературі такі дані відсутні. Тому необхідне проведення досліджень для вибору оптимального значення кута нахилу робочого органу - пуансона.

Певну роль у формуванні якості поверхні деталей при їх обробці надає висота калібруючої частини пуансона. При малих значеннях висоти калібруючого поясочка пуансона зростає питомий тиск на оброблювану поверхню, що викликає підвищення висоти мікронерівностей. При великих значеннях цього геометричного параметра зростає тертя між поверхнями пуансона і зразка (деталі), сприяє зниженню якості оброблюваної (відновлюваною) поверхні.

При русі пуансона з певною швидкістю і частотою коливань відбувається пластична деформація поверхні отвору, внаслідок чого змінюються його форма і розміри, відбувається зміцнення поверхневого шару.

Одним з основних параметрів, що визначають якість обробки матеріалу, є швидкість деформації.

Дослідженнями встановлено, що зміцнення металів тим більше, чим вище швидкість деформації.

Деякі автори [24] пропонують при роздачі зразків з м'яких матеріалів швидкість деформації приймати в межах 2-5 м/хв, а з міцніших - 5-8 м/хв.

У літературі є деякі суперечливі дані про вплив амплітуди і частоти коливань робочого органу - пуансона на міцнісні показники оброблюваного матеріалу залежно від швидкості деформації, міри деформації, амплітуди і частоти дії оброблювального інструменту.

3.3. Вплив мастила на якість оброблюваної поверхні

Правильний вибір змащувальної олії неможливо зробити без ретельного вивчення взаємодії його з металами. Автор [22] вказує, що присадки утворюють на металі орієнтований тонкий шар оксидів, який запобігає металевому контакту поверхонь.

При вступі мастила до взаємодії з металом деталей істотно змінюються їх механічні властивості, зносостійкість і втомна міцність.

Поверхневі дефекти є концентраторами напруги і грають важливу роль при взаємодії металу з мастилом.

Молекули поверхнево-активних речовин потрапляють в мікротріщини, що утворилися на поверхні деталі, мікропори. Основною причиною втягування адсорбційних шарів в мікрощілину є пониження поверхневої енергії.

Як вважають автори [22], мастило, що найсильніше адсорбується поверхнями деформованого матеріалу, «забігає вперед по обох сторонах щілини аж до найвужчих місць, де проникнення обмежується власними розмірами молекул мастила». Тиск адсорбційного шару у поєднанні з пониженням вільної поверхневої енергії унаслідок адсорбції призводить до зміни механічних властивостей і сприяє полегшенню деформації.

За даними [16] помітний розклинюючий тиск характерний для плівки мастила товщиною до 0,1 мкм. Мастило грає вельми важливу роль в процесі вібраційної дії, значно знижуючи втомну міцність.

Адсорбція викликає ослаблення зв'язків між атомами і молекулами не лише на поверхні деталі, але також між поверхневими і підповерхневими

атомами. При порівняно повільній деформації у присутності мастила відбувається проникнення її на велику глибину в товщу металу в результаті дефектів структури, що раніше були і знов утворилися. Відбувається значне ослаблення міжмолекулярних зв'язків, полегшується зсув, що призводить до збільшення міри пластичної деформації при меншому деформуючому зусиллі.

Міра подрібнення зерен тісно пов'язана з величиною пластичної деформації. У міру подрібнення зерен зменшується глибина поширення пластичної деформації, підвищується твердість і опір зношуванню металу.

Вібраційна деформація сприяє підвищенню активності мастила: при відриві робочого інструменту (пуансона) від оброблюваної поверхні зразка (деталі) походить покриття мастилом оголених місць, що викликає зниження коефіцієнта тертя і рівномірне протікання деформації.

Висновки за розділом

1. Стан поршневого пальця після термічної обробки характеризується наявністю трьох головних напружень: тангенціального, осьового і радіального. Значним є тангенціальне залишкове напруження, яке є найбільш небезпечним.

2. В поршковому пальці, підданому зміцненню, виникатиме залишкове напруження від пластичної деформації його внутрішньої поверхні і термічної обробки пальця під час його виготовлення.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Методика лабораторних досліджень

3.1.1. Аналіз напруженого стану і визначення зносу деталей

Теоретичне дослідження процесу роздачі поршневого пальця проводилося на основі його розрахунку як товстостінної труби, схильної до дії внутрішнього тиску.

При розрахунку враховувалася неоднорідність структурних зон поршневого пальця. При виконанні розрахунків для отримання залежностей допускали, що зовнішня поверхня поршневого пальця піддана високоякісному гартуванню і володіє високою межею текучості, деформується пружно, а серцевина пальця, що володіє відносно низькою межею текучості, деформується пластично [8].

Як розрахункові залежності використовували формули, прийняті в теорії пружності і пластичності.

В результаті розрахунку робили кількісну і якісну оцінки напруженості поршневого пальця після роздачі і порівнювали їх з такими ж показниками нового поршневого пальця.

Аналіз стану відновлених і нових поршневих пальців при роботі двигуна проводили на основі розрахунку напружень, викликаних дією зовнішніх навантажень і подальшого поєднання отриманих епюр з досягнутими залишковими напруженнями. Своєрідність умов роботи пар тертя поршневий палець - отвори бабишок поршня, поршневий палець - втулка верхньої головки шатуна і інших сполучень відбивається на інтенсивності зношування деталей.

Для визначення технологічного процесу відновлення деталей вельми важливим є вибір параметрів обробки, які залежать від цілого ряду чинників і, перш за все, від величини зносу з'єднувальних деталей.

Виміри поршневих пальців і інших деталей по зовнішній зношуваній поверхні проводили в чотирьох площинах, розташованих під кутом 45 один до одного і п'яти перетинах відповідно до ДСТУ 18509-88 індикаторною скобою з

точністю відліку 1 мкм.

Мікрометраж втулок верхніх головок шатунів і деталей з внутрішньою поверхнею зносу здійснювали в чотирьох площинах і трьох перетинах індикаторним нутроміром НІ-50А (ДСТУ 868-89) з точністю відліку 1 мкм.

2.1.2 Устаткування, прилади і зразки

Експериментальні дослідження деформації зразків-втулок, а також відновлення зношених деталей методом вібраційного навантаження робили на розробленій установці.

Вібраційна установка забезпечує виконання технологічних процесів (роздача, обтискання, зміцнення поверхні) з необхідними робочими параметрами (амплітуда, частота, швидкість деформації).

Конструкція установки складається з трьох основних вузлів: вібратора, підставки і допоміжного устаткування, системи гідравлічного підйому.

Принципова схема установки представлена на рис. 3.1.

Від електродвигуна (1) марки 4А 132 М243 обертання через клинопасову передачу і муфту (2) передається гідронасосу (3) марки НШ-50- У2.

Масло з бачка (6) гідравлічним насосом подається до розподільника Р- 75 (4) і по шлангам поступає в гідроциліндри ЦС-100(7), які забезпечують пересування вібраційного вузла. Останній складається з вібратора ВЕРБ-105 (10) з регульованим дебалансним механізмом, що забезпечує здобуття збурюючої сили в діапазоні 9,4-24,5 кН; плити (9), виготовленої із швелерів № 14. До плити вібратора кріпиться затискний пристрій - патрон (11), що забезпечує кріплення робочого інструменту - пуансона.

Вібраційний вузол переміщається між чотирьох направляючих (12), закріплених до стійок (14), які у свою чергу кріпляться на двох опорних плит (20). Останні встановлені на дерев'яних брусах (21), що грають роль підставки вібраційної установки. Дерев'яні бруси разом з амортизаторами (22) забезпечують віброізоляцію експериментальної установки.

На схемі (рис. 2.1) не показані: варіатор приводу з клинопасовою передачею від електродвигуна (1) до гідронасосу (3), манометр, що дозволяє фіксувати

величину зусилля обробки і пристосування для стабілізації свідчень манометра.

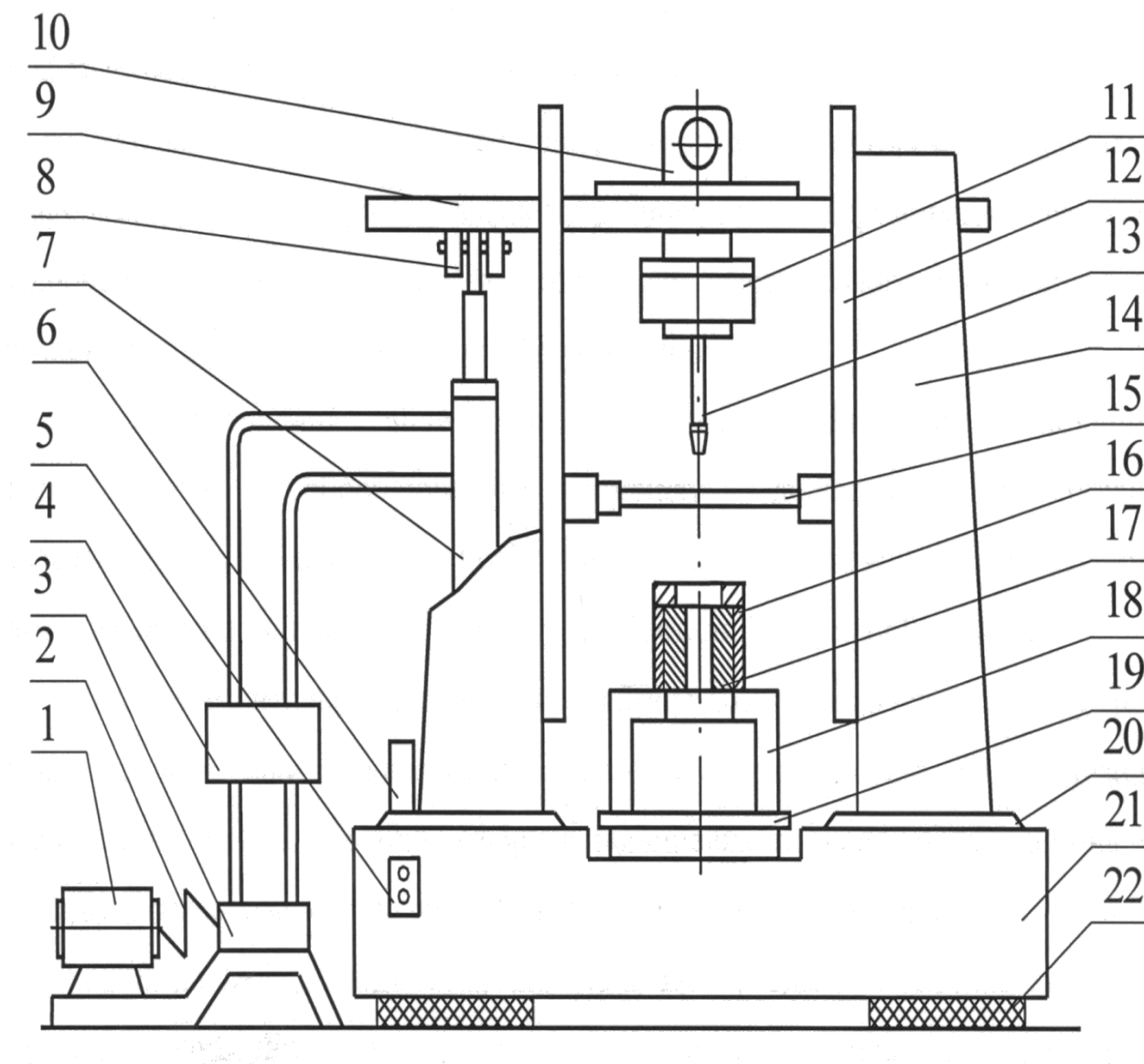


Рисунок 3.1 - Принципова схема установки:

1 - електродвигун; 2 - муфта; 3 - гідронасос; 4 - розподільник; 5 - пускач; 6 - бачок; 7 - гідроциліндр; 8 - гумові амортизатори; 9 - плита вібратора; 10 - вібратор; 11 - патрон; 12 - направляюча; 13 - пуансон; 14 стійка; 15 - стяжка; 16 - матриця; 17 - деталь; 18 - підставка; 19 - плита; 20 - опорна плита; 21 - брус; 22 - амортизатор

При опусканні вібраційного вузла за допомогою пуансона (13) відбувається роздача деталі (17), встановленій в матриці (16).

Управління клинопасовим двоконтурним варіатором приводу гідронасосу, що дозволяє змінювати швидкість переміщення штоків гідроциліндрів, здійснюється за допомогою золотникового розподільника

змінною положення важеля однієї з його робочих секцій.

Для виявлення впливу вигляду навантаження на міцнісні характеристики оброблюваного матеріалу дослідження проводили заздалегідь на зразках, а потім на зношених деталях. Зразки-втулки виготовляли з поршневих пальців, сталі 45, сталі 3 і бронзи БрАЖ9-4.

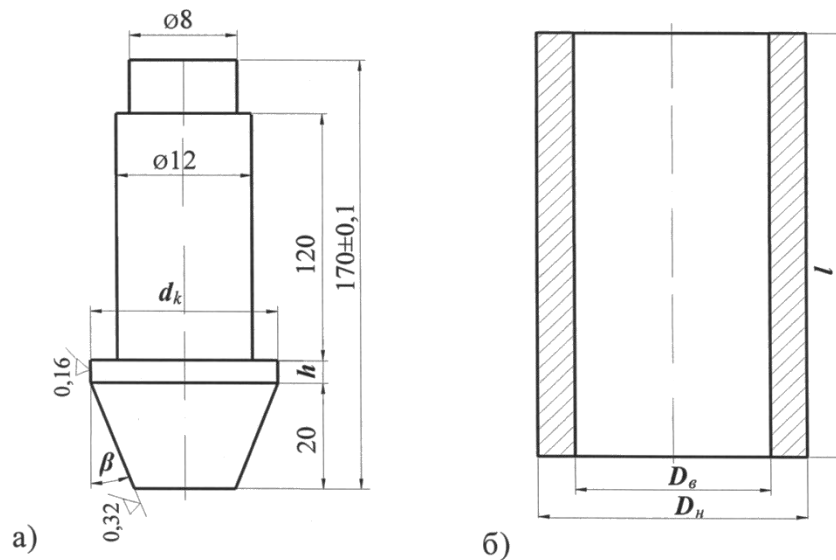
Експериментальні дослідження забезпечили виключення впливу на процес роздачі таких технологічних і експериментальних чинників, як різна неточність і якість обробки отвору в поршневих пальцях, різна глибина і твердість загартованого шару, неоднакова величина і характер їх зносу. В той же час подальші дослідження, виконані при роздачі зношених пальців, дозволили уточнити і скоректувати значення основних параметрів технологічного процесу.

Обробку внутрішньої поверхні зразків-моделей проводили пуансонами, що мають калібруючу поверхню і робочу з кутом ухилу. Пуансони (рис. 3.2) виготовляли із сталі В 10, піддавали гартуванню в оливі, відпуску і охолодженню. Температура гартування складала 760-780С, а відпуску 390-420С. Твердість робочої частини пуансона досягала 62-65НЯС, а хвостовика - 50-52НЯС.

Схема застосованих пуансонів і зразків показана на рис. 3.2.

Процес деформації здійснювали як із застосуванням мастила, так і без нього. Використовували наступні змащувальні матеріали: масло МС, активовану 2% олеїнову кислоту; дизельне масло АК-10; мастило М- 10Г2 + 1,5% ПАФ-4.

Вимірювання діаметру калібруючої частини пуансонів і величини налипшого металу на їх поверхню здійснювали після деформації кожних п'яти зразків. Для виявлення величини відхилення від діаметру калібруючої частини внутрішній діаметр зразків заміряли по обох торцях до і після деформації.



h, мм								β, град			
2	3	4	5	6	7	8	10	10,5	11	11,5	12

Пара-метр	l, мм			D, мм		
		30	60	90	25	30

Рисунок 3.2 – Схема пуансона (а) и зразка (б)

Для вимірювання розмірів зразків і пуансонів використовували: вертикальний оптиметр ІКВ і індикаторну скобу з точністю відліку 0,001 мм, а також малий інструментальний мікроскоп ММІ-2 з точністю відліку 0,003 мм.

Виготовлення зразків здійснювали в однаковому режимі на одному і тому ж технологічному устаткуванні.

3.1.3. Дослідження характеру деформацій і напруги при деформації

При деформації зразків найбільш небезпечною є тангенціальна напруга на зовнішній поверхні. Вказана напруга може бути визначена через величину відносної деформації зовнішнього діаметру зразків в процесі роздачі за загальновідомими залежностями теорії пружності. Для цього треба знати величину модуля пружності матеріалу зразків (пальців), що піддавались обробці.

Якщо врахувати, що на зовнішній поверхні зразка при роздачі радіальна напруга дорівнює нулю, а осьові незначні в порівнянні з тангенціальними, то величину останніх можна визначити за законом Гука через модуль пружності і відносну пружну деформацію зразка.

Розрахунок за вказаною схемою досить простий, але не дозволяє досить точно визначити тангенціальне напруження в різних точках зразка, при різному

положенні пуансона в його отворі. Крім того, немає можливості записати безперервну криву змін напруги в різних точках на зовнішній поверхні в процесі роздачі.

У зв'язку з цим визначення тангенціальної напруги на зовнішній поверхні зразків (пальців) робили в процесі деформації методом тензометрування.

Тензометричні датчики володіють наступними властивостями:

- характеризуються підвищеною чутливістю до поздовжніх деформацій;
- володіють малою вагою і практично безінерційні;
- добре працюють як при розтягуванні, так і при стискуванні;
- можуть застосовуватися як при статичних, так і динамічних випробуваннях.

При тензометруванні використовували: осцилограф Н-700, підсилювач, тензометричну установку ТУПІІІ-12, тензометричні фольгові датчики на плівковій основі типу ФПД-5-200, що мають базу 5 мм і опір $R=200$ Ом.

Аби встановити напругу, що виникає на зовнішній поверхні при їх роздачі, треба знати залежність між напругою і показниками записуючого приладу. Вказана залежність може бути отримана шляхом датчиків, що наклеюються на тарувальну балку, яку піддають послідовному навантаженню.

Тарувальні балки спеціально були виготовлені із сталі 45 і піддавали циклу термічної обробки, ідентичному заводському, який використовують при обробці поршневих пальців. Після термічної обробки балки шліфували, причому розміри витримували з точністю 0,01 мм.

Розміри тарувальної балки після остаточної обробки показані на рис. 3.3.

Балку послідовно навантажували через рівні до 1220 Н, що відповідало певному розташуванню датчиків від місця навантаження, напрузі в місці їх наклейки, рівною 1300-1350МПа.

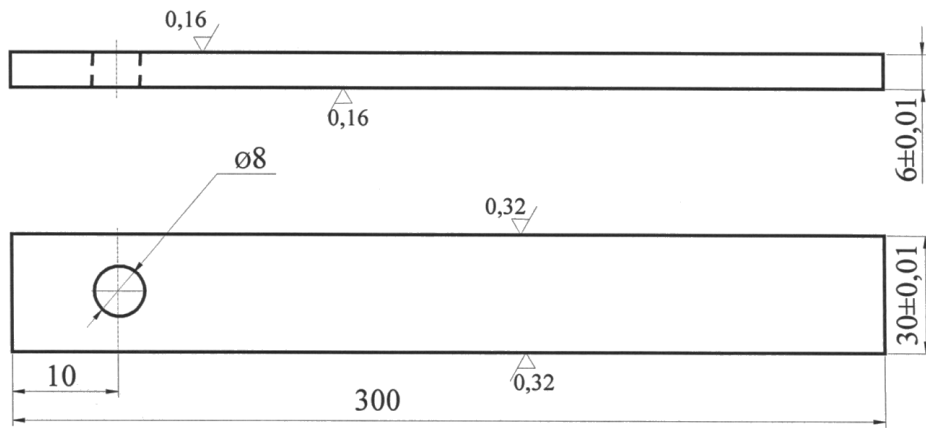


Рисунок 3.3 – Тарувальна балка

При розрахунку напруги враховували прогин балки, що викликає зменшення величини згинаючого моменту. Для цього при кожному новому навантаженні визначили прогин балки в місці навантаження і в місці наклейки датчика (рис. 2.4).

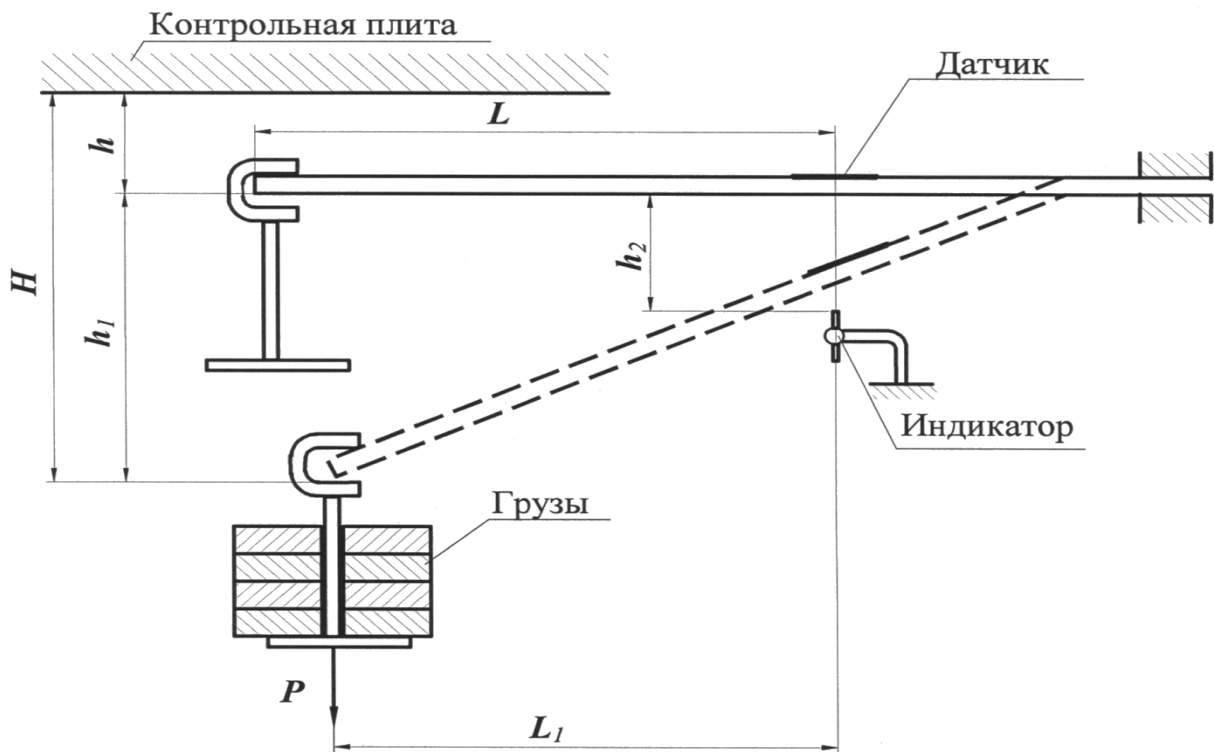


Рисунок 3.4 – Схема пристрою навантаження

Як видно з рисунка, згинаючий момент в місці наклейки датчика дорівнює:

$$M = PL_1, \quad (3.1)$$

де P - навантаження на кінці балки; L_1 - плече згинаючого моменту при

навантаженні.

$$L_1 = \sqrt{L^2 - (h_1 - h_2)^2}, \quad (3.2)$$

де L - відстань від точки додатка навантаження до місця наклейки датчика за відсутності навантаження; $h_1 = H - h$ - прогин в точці додатка навантаження; h_2 - прогин в місці наклейки датчика, вимірюваний індикатором.

Напруга в балці в місці наклейки датчика:

$$\sigma_{изг} = \frac{M}{W}, \quad (3.3)$$

де W - момент опору тарувальної балки, який дорівнює 185 мм^3 .

Підставляючи значення, отримаємо:

$$\sigma_{изг} = \frac{P\sqrt{L^2 - (h_1 - h_2)^2}}{185}, \quad (3.4)$$

По даній формулі була побудована тарувальна крива, представлена рис. 3.5.

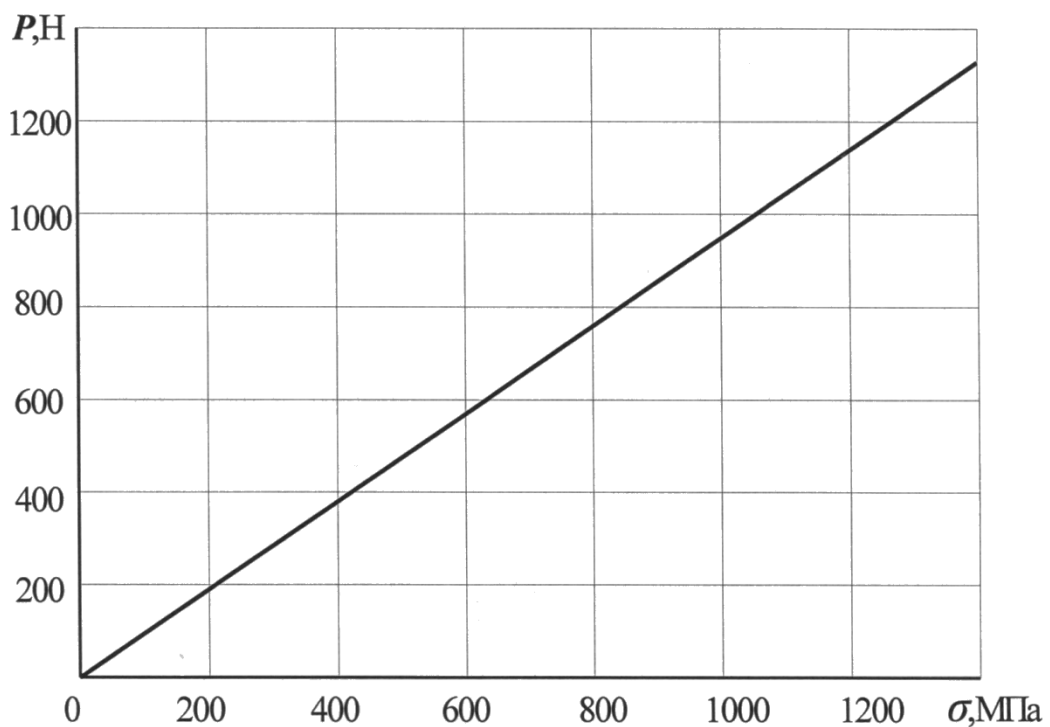


Рисунок 3.5 – Тарувальний графік

3.1.4. Визначення залишкової напруги

При відновленні поршневих пальців роздачею після зняття навантаження внаслідок неоднорідної пластичної деформації в оброблюваному матеріалі залишається радіальна, тангенціальна і осьова залишкова напруга. Залишкова напруга в зразках, підданих роздачі, може бути визначена шляхом послідовного

видалення концентричних шарів і виміру деформацій зразка, напруги, що виникає в результаті зняття частини. Видалення шарів металу може бути здійснене розточуванням внутрішньої поверхні зразка або обточуванням зовні. Метод видалення шарів в першому випадку слід вважати кращим за метод зовнішнього обточування, оскільки вимір зовнішнього діаметру здійснити простіше і точніше, ніж внутрішнього.

Для визначення залишкової напруги в деталях, підданих роздачі, був використаний метод пошарових розточувань з подальшим розрізанням їх по дотичній. Цей метод дає можливість встановити величину і характер розподілу найбільш небезпечної тангенціальної залишкової напруги по всій товщині стінки деталі і полягає в наступному.

При кожному розточуванні, залежно від знаку знятої при цьому залишкової напруги, зовнішній діаметр і довжина деталі змінюються на деяку величину, і в частині його стінки, що залишилася, настає новий рівноважний стан, коли сума залишкової напруги, що залишилася, по товщині стінки має дорівнювати нулю.

Зміну зовнішнього діаметру і довжини зразка після кожного його розточування визначали за допомогою вертикального оптиметра з точністю відліку 0,001 мм, а потім, на підставі загальновідомих залежностей [13], знаходили величину залишкової напруги, яка була знята вказаним розточуванням. Шляхом послідовних розточувань знаходили ряд точок епюри залишкової напруги по товщині стінки зразка. Потім, залежно від глибини загартованого шару зразка встановлювали граничну товщину його стінки, досягши якої, розточування зразка припинялося.

Вказану граничну товщину стінки вибирали рівній глибині загартованого шару зразка, що рекомендується при визначенні залишкової напруги в деталях, підданих поверхневому індукційному гарту [13]. По знайденій величині граничної товщини стінки визначали глибину пошарового розточування кожного зразка. Для всіх зразків число розточувань було прийняте п'яти.

Розточування зразків виробляли на токарному верстаті в спеціальному

пристосуванні, що виключає їх биття і що усуває можливість деформації при чималій стінці. Для виключення нагріву зразків розточування здійснювали при малій подачі різця і швидкості з рясним охолодженням.

Точну глибину кожного розточування забезпечували установкою на супорті верстата індикаторного пристосування, яке дозволяло швидко налаштувати верстат на отримання необхідного отвору в розточуваному зразку.

Після кожного розточування, глибина якого в середньому складала 0,5-0,6мм, довжину і зовнішній діаметр зразка повторно вимірювали в чотирьох розмічених крапках з точністю 0,001 мм. На підставі даних вимірів вказаних розмірів знаходили середню величину зміни його зовнішнього діаметру і довжини при кожному розточуванні.

3.1.5 Випробування на зносостійкість

Дослідження зносостійкості відновлених деталей проводили згідно ДСТУ 23.224-86 на машині тертя СМЦ-2, яке полягало у визначенні зносу поверхонь деталей, відновлених звичайною і вібраційною деформацією. Випробування проводили в однакових режимах навантажень.

Для визначення величини зносу тертьових поверхонь використовували аналітичні ваги ВЛ-200М, що мають похибку 0,001 гр.

Мікрометраж (рис. 3.6) зовнішнього діаметру поршневих пальців проводили в чотирьох площинах і п'яти перетинах, а внутрішнього діаметру втулок верхніх головок шатунів - в чотирьох і трьох відповідно (згідно вимогам ДСТУ 18509-88).

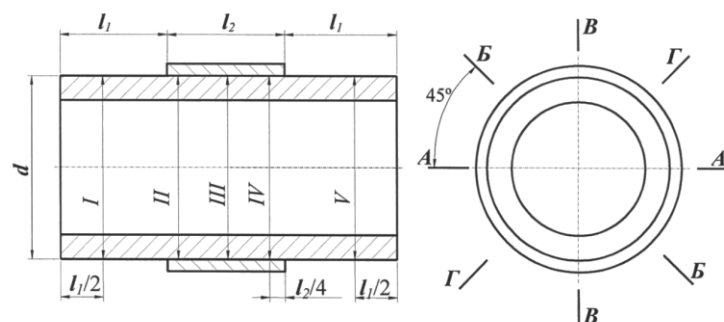


Рисунок 3.6 – Схема мікрометражу поршневого пальця і втулки верхньої головки шатуна

Виміри проводили індикаторною скобою з точністю відліку 0,001 мм і індикаторним нутроміром з точністю відліку 0,001 мм.

Режими випробувань вибирали з умов роботи пари сполучення: частота обертання ролика складала 500 хв^{-1} , навантаження 500 Н.

Схема спрацювання сполучення зразків («ролик-колодка») приведена на рис. 3.7.

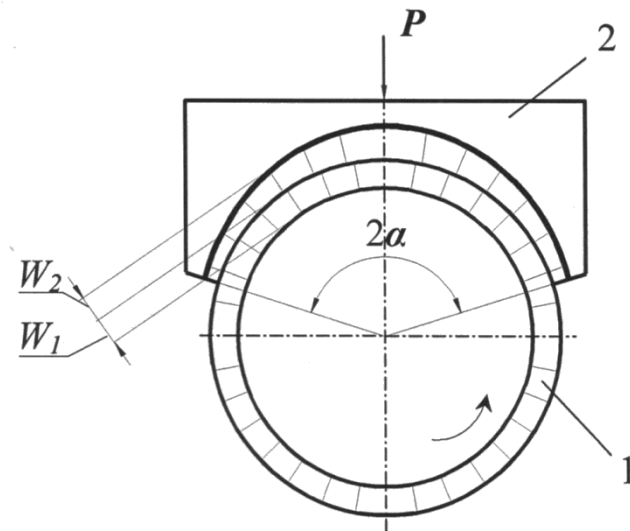


Рисунок 3.7 – Схема сполучення «ролик-колодка»

3.2. Методика проведення стендових випробувань

З'єднання поршневих пальців, поршнів і шатунів робили відповідно до технічних умов на збирання вказаних деталей. Для створення ідентичних умов роботи досліджуваних поршневих пальців деталі шатуново-поршневої групи підбиралися так, щоб для кожного двигуна різниця в масі комплекту: поршень з кільцями, поршневий палець, шатун була не більше 10 гр. При збиранні шляхом підбору забезпечували також нормальні зазори: між кожним поршнем і гільзою, в замку кожного поршневого пальця, між кожним поршневим пальцем і канавкою поршня по висоті.

Після збирання кожен двигун проходив обкатку і його встановлювали на машину згідно ДСТУ 14846-81.

Стендові випробування проводили в три етапи: холодне прироблення, гаряче прироблення на холостому ході без навантаження, гаряче прироблення

під навантаженням.

Холодне прироблення спочатку проходило при частоті обертання колінчастого валу 600 хв^{-1} протягом 15 хв., потім при частоті 900 хв^{-1} протягом 10 хв.

Гаряче прироблення на холостому ході без навантаження здійснювали при частотах обертання колінчастого валу 1000 хв^{-1} і 1400 хв^{-1} і відповідно часу 5 хв.

Гаряче прироблення під навантаженням проводили в наступному режимі (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Режим гарячого прироблення під навантаженням

Частота обертання колінчастого валу, хв^{-1}	Навантаження кВт	Час випробування хв.
1600	8,8	5
1800	17,6	5
2200	35,3	5

Для того, щоб повно охарактеризувати експлуатаційну надійність відновлених поршневих пальців останні встановлювали на двигуни автомобілів ЗМЗ-53, працюючих в механізованих комплексах і різних експлуатаційних умовах.

Для порівняльної оцінки окрім відновлених пальців встановлювали також нові. На кожен двигун було встановлено 6 відновлених і 2 нових поршневих пальця.

Випробування відновлених поршневих пальців в експлуатаційних умовах мали своїм завданням перевірити їх експлуатаційну надійність: зносостійкість і міцність в умовах експлуатаційного вантаження.

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ВІДНОВЛЕНИХ ПОРШНЕВИХ ПАЛЬЦІВ

4.1. Визначення оптимальних геометричних параметрів робочого інструменту

Для виявлення раціональної форми робочого інструменту виготовляли пуансони у формі кулі і конуса з наступними значеннями кутів нахилу: 10° ; $10^\circ 30'$; 11° ; $11^\circ 30'$; 12° . Припуск на обробку змінювали від 0,1 до 0,7мм.

Дослідами встановлено, що пуансони, виконані у формі кулі, в умовах звичайної деформації після 6-10 робочих ходів змінювали форму робочої поверхні за рахунок налипання металу з оброблюваних деталей.

Величина налипання металу на поверхню пуансона після відновлення 40 деталей склала:

а) при звичайній деформації пуансоном кулькової форми 0,65 гр, конусної, - 0,19 гр;

б) в умовах вібраційної деформації ці величини відповідно дорівнювали 0,38 гр і 0,10 гр.

Величина зрушеного металу по осі до торцевої частини втулок після деформації зразків при припуску $\Pi=0,5$ мм дорівнювала:

а) при звичайній деформації кульковим пуансоном 1,570гр, конусним- - 0,985 гр;

б) при вібраційній деформації ці величини відповідно склали 1,082 гр і 0,545 гр.

Експериментально встановлено, що конусна форма пуансона має переваги в порівнянні з - кульовою:

а) величина налипаемого металу на поверхню конусних пуансонів менше в 3,4 рази при звичайній деформації і в 3,8 рази при - вібраційному;

б) величина зрушеного металу на торець зразка конусним пуансоном менше в 1,6 рази при звичайній деформації і в 2,0 рази при - вібраційному.

Налипання металу на поверхню пуансона і зрушення його до торця деталі роблять негативний вплив на процес деформації: знижується якість

оброблюваної поверхні, зростає нерівномірність деформації в радіальному напрямі і по довжині зразка, а також зростає зусилля деформації. Експериментально показано, що вказані вище величини знаходяться в тісній залежності від кута нахилу пуансона. Із збільшенням кута зростають зусилля, що витрачається на роздачу зразка по діаметру, і зрушення металу по довжині зразка.

Дослідження показали, що із збільшенням кута нахилу пуансона зростає кількість налипаючого металу на його поверхню в умовах звичайної і вібраційної деформації. Так, при припуску на обробку $P=0,7$ мм і куті нахилу пуансона $=12^\circ$ при звичайній деформації зразків із сталі 45, величина налипаємого металу склала 0,030 гр., а для зразків із сталі 45 загартованою - 0,025 гр. При вібраційній деформації зразків з вказаних матеріалів значення величини налипаємого металу були відповідно рівні 0,012 гр. і 0,008 гр.

Експериментально встановлено, що мінімальне налипання металу має місце при куті нахилу пуансона $=10^\circ 30'$ як в умовах звичайного, так і вібраційної деформації зразків із зовнішнім діаметром 25-35 мм; таким чином кут нахилу $= 10^\circ 30'$ є оптимальним.

Проведені експериментальні дослідження показали, що значення оптимального кута нахилу також залежить від діаметру оброблюваної поверхні. При збільшенні діаметру на 3-5 мм потрібне деяке збільшення кута нахилу пуансона на 1,0-1,50.

Зміна кількості налипаємого металу показана на рис.4.1. Залежність налипання металу на поверхню пуансона при звичайній деформації зразків із сталі 45 носить криволінійний характер, а із сталі 45 загартованою - прямолінійний. При вібраційній деформації ця зміна носить прямолінійний характер. В разі значення припуску $P=0,1 - 0,4$ мм налипання практично не спостерігали.

При вібраційній деформації зразків із сталі 45 не термообробленою і загартованою при припуску 0,7 мм і куті нахилу пуансона $= 10^\circ 30'$ величина налипаємого металу відповідно склала 0,006 гр і 0,002 гр, тобто в 3 рази більше.

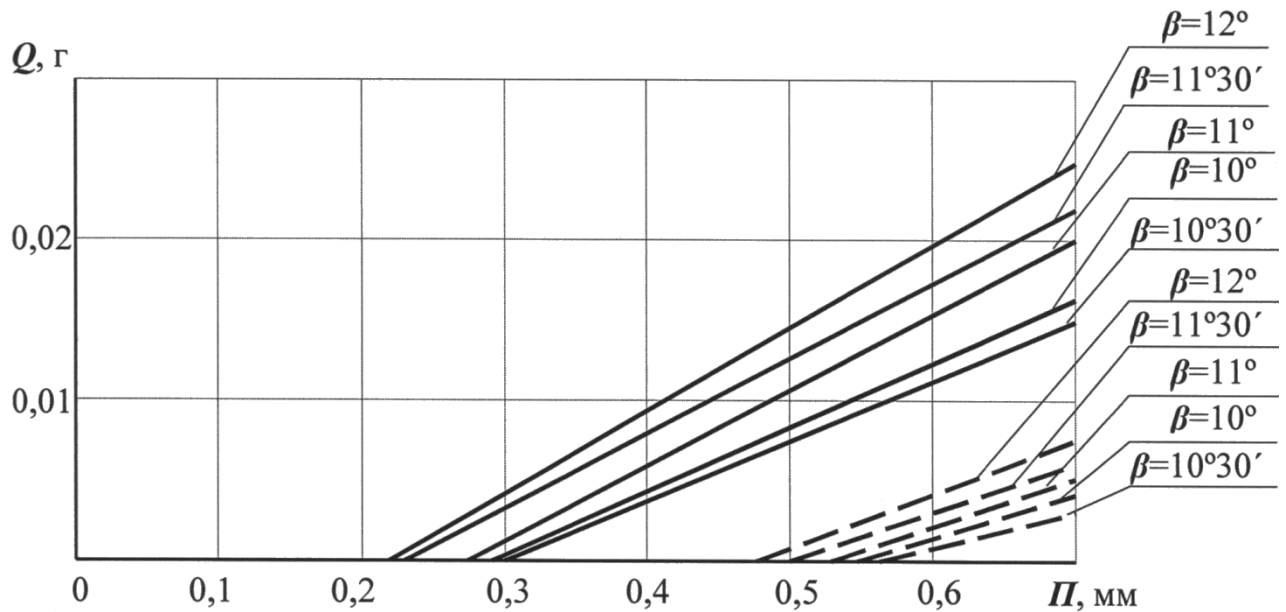


Рисунок 4.1 Зміна кількості налипаємого металу при деформації зразків із сталі 45 загартованою: ----звичайне деформування; - - - вібраційне деформування

Дослідженнями встановлено, що кількість налипаємого металу залежить від матеріалу відновлюваних деталей. Чим вище твердість і більше модуль пружності матеріалу, тим менше величина налипання металу на поверхню робочого інструменту - пуансона.

Для з'ясування міри впливу висоти калібруючої частини робочого інструменту на якість оброблюваної поверхні деталей пуансони виготовляли наступних розмірів: висота калібруючого поясочка складала 2,3,4,5,6,7 і 8 мм. Кут нахилу пуансона дорівнював $10^\circ 30'$

Дослідження проводили на зразках завдовжки 60 мм із загартованої сталі 45 з припуском на обробку $\Pi=0,7$ мм в умовах звичайної і вібраційної деформації.

Отримані експериментальні дані зміни шорсткості поверхні деформованих зразків при звичайному і вібраційному навантаженні представлені в таблиці. 4.1.

Таблиця 4.1

Зміна параметра Яг оброблюваної поверхні зразка

Висота калібруючої частини її, мм	Значення параметра Яг, мкм	
	Вібраційна деформація	Звичайна деформація
2	8	14,9
3	6,0	13,4
4	2,8	9
5	3,0	9,3
6	5,8	13,2
7	6,2	26,4
8	8,5	29,2

З приведених даних видно, що мінімальне значення шорсткості при звичайній і вібраційній деформації характерно для висоти калібруючої частини пуансона 4-5мм.

Отримані експериментальні дані дозволили укласти наступне:

- при конусній формі пуансона інтенсивність налипання металу на його робочу поверхню і кількість зрушуваного металу на торець зразка значно менше, ніж при кульковій поверхні;
- кут нахилу пуансона $=10^{\circ}30'$ є оптимальним. Із збільшенням кута нахилу контактуюча поверхня пуансона із зразком зменшується, що сприяє збільшенню питомого тиску і підвищенню інтенсивності налипання. При менших значеннях кута, чим оптимальне, поверхня контакту (число контактуючих крапок) зростає, що також сприяє збільшенню налипання металу на поверхню пуансона;
- при вібраційній деформації інтенсивність налипання металу на робочу поверхню пуансона нижча, ніж при звичайному, що можна пояснити ослабленням його контакту з оброблюваною поверхнею;
- шорсткість обробленої поверхні залежить від висоти калібруючої частини пуансона. Найменше значення параметра $K_{\Gamma}=9-9,3$ мкм спостерігали при $h=4-5$ мм.

4.2. Дослідження статичної міцності зразків

Дослідження проводили на зразках, виготовлених з незміцненої і загартованої сталі 45, які піддавали звичайному і вібраційному навантаженню з різними значеннями припусків на обробку, числа проходів і глибини загартованого шару. Одночасно для порівняльної оцінки досліджували зразки, що не піддавалися роздачі.

Дослідження статичної міцності робили шляхом руйнування зразків за схемою, яка рекомендується при випробуванні поршневих пальців на розчавлювання на 30-ти тонній універсальній машині (рис. 4.2).

Величину статичної міцності зразків оцінювали значенням зусилля, при якому відбувалося руйнування. Точність фіксації зусилля складала (10 Н на вимірювальному лімбі машини).

Дослідження міцності поршневих пальців показали, що величина припуску на обробку і число проходів при роздачі не роблять істотного впливу. Те ж саме спостерігали при випробуванні з глибиною загартованого шару 0,4-0,9 мм. При глибині гартування 1-1,5 мм міцність декілька вище.

Експериментально встановлено, що величина середнього навантаження, при якій пальці, відновлені звичайною деформацією і нові, руйнувались - склала 83 і 94 кН. Середнє значення руйнівного навантаження для пальців, відновлених вібраційною деформацією, склало 103кН.

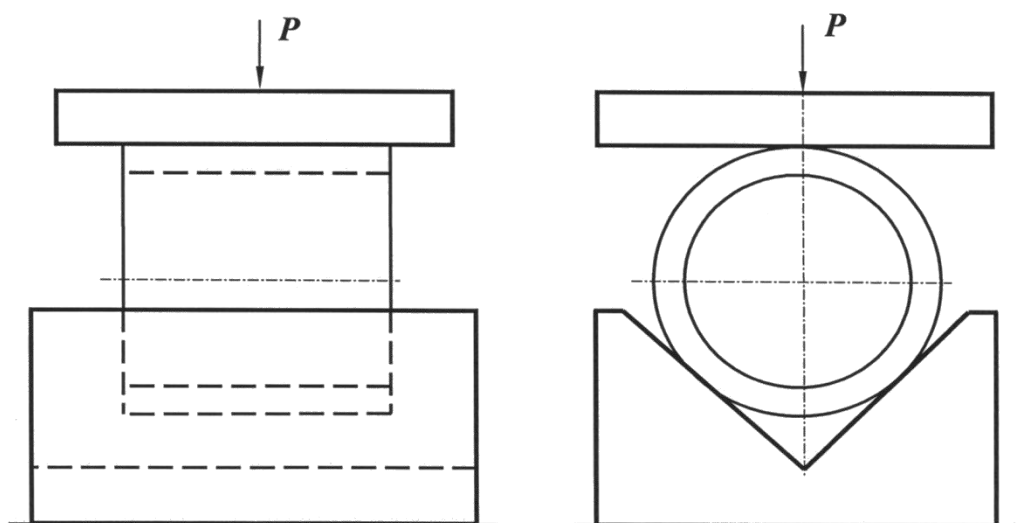


Рисунок 4.2 Схема випробування поршневих пальців на міцність

Дані міцнісних випробувань приведені в таблицю. 4.2.

Таблиця 4.2

Значення руйнівного навантаження поршневих пальців

Номер експеримента	Руйнівне навантаження, кН		
	Спосіб вібраційного відновлення	Спосіб звичайного відновлення	Нові
1	100	80	100
2	95	90	90
3	105	70	80
4	100	80	90
5	110	80	100
6	110	70	90
7	110	90	95
8	105	95	100
9	105	90	105
10	90	80	90
Середнє значення	103	83	94

4.3. Визначення напруги на зовнішній поверхні зразків в процесі деформації

В процесі деформації зразків найбільш небезпечною є тангенціальна напруга, що виникає на зовнішній поверхні, яка фіксувалась у вигляді показників тензометричних датчиків. Ці свідчення в певному масштабі характеризують собою залишкову тангенціальну напругу, викликану пластичною деформацією його серцевини.

По набутих значень тензодатчиків після перерахунку були побудовані криві зміни величини тангенціальної напруги, що виникає на зовнішній поверхні зразків в процесі деформації.

Для зразків з припусками на обробку 0,05-0,11мм приведена крива, що є зміною тангенціальної напруги в процесі роздачі в місці наклейки лише одного тензометричного датчика.

У початковий момент деформації, коли пуансон лише починає входити в отвір зразка, тангенціальну напругу на зовнішній поверхні, де наклеєні тензометричні датчики, відсутні. У міру просування пуансона напруги різко

зростають і досягають максимального значення в мить, коли пуансон знаходиться в положенні, відповідному місцю наклейки тензодатчика. Після проходження пуансоном вказаного положення напруга зменшується. Інтенсивність зниження напруги залежить від того, на яку глибину по товщині стінки поршневого пальця мала місце пластична деформація при його обробці.

Так, при $\Pi=0,05-0,11$ мм (рис. 4.3), коли пластична деформація лише починає охоплювати внутрішню поверхню зразка, тангенціальна напруга незначна.

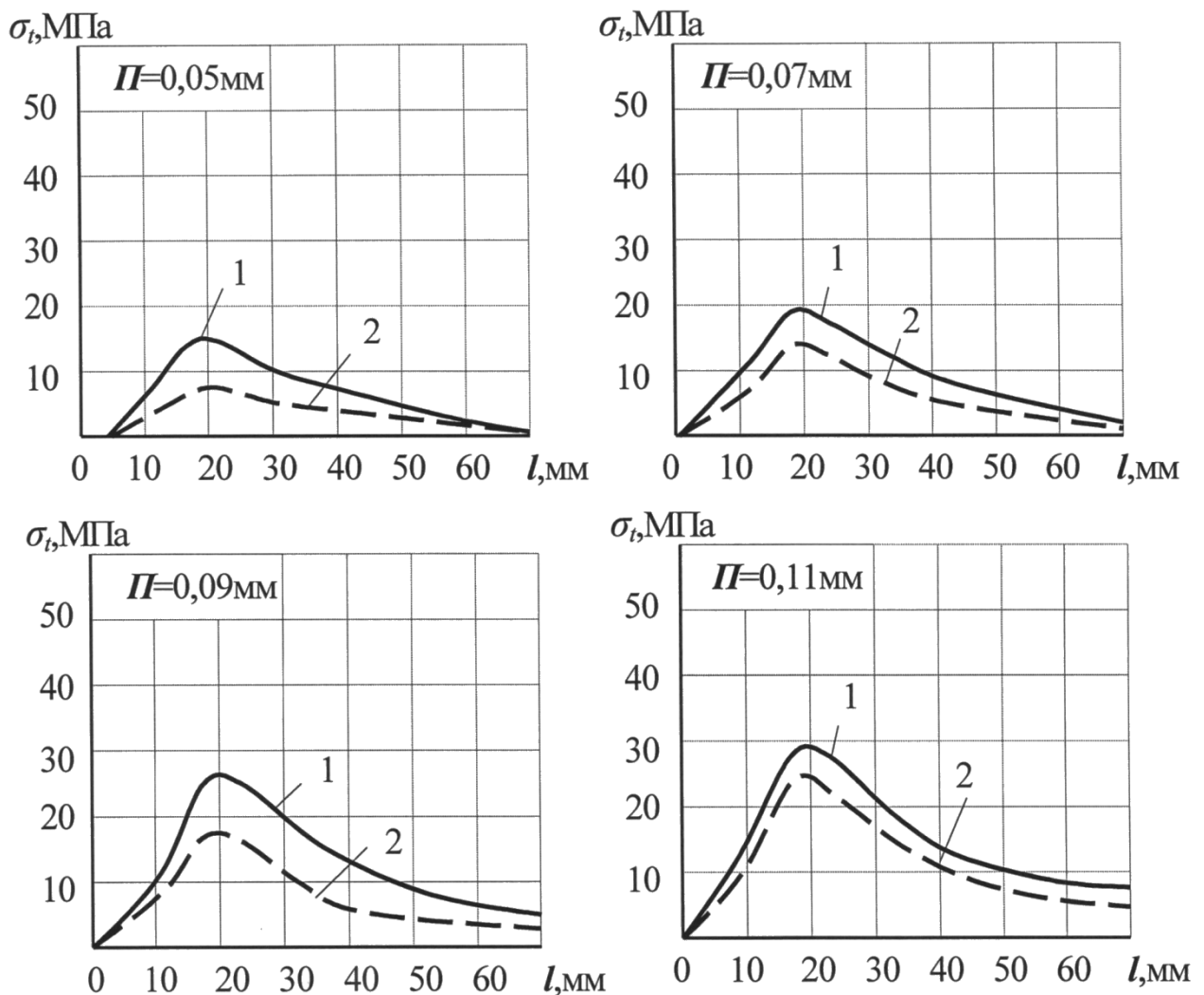


Рисунок 4.3 – Криві зміни тангенціальної напруги:

1 - звичайна деформація; 2 - вібраційна деформація

У міру збільшення припуску зростає і величина тангенціальної напруги, викликаної пластичною деформацією.

Так, при звичайній деформації з припуском $\Pi=0,16$ мм вона склала 48-50

МПа; при $\Pi = 0,20$ мм - 73-76 МПа; при $\Pi=0,23$ мм - 91-93МПа.

При вібраційній деформації ці значення напруги відповідно склали: 38 МПа; 54 МПа і 68 МПа (рис. 4.4).

При значенні припуску на обробку $\Pi = 0,24$ мм в умовах звичайної роздачі спостерігали пошкодження зразка, що деформувався.

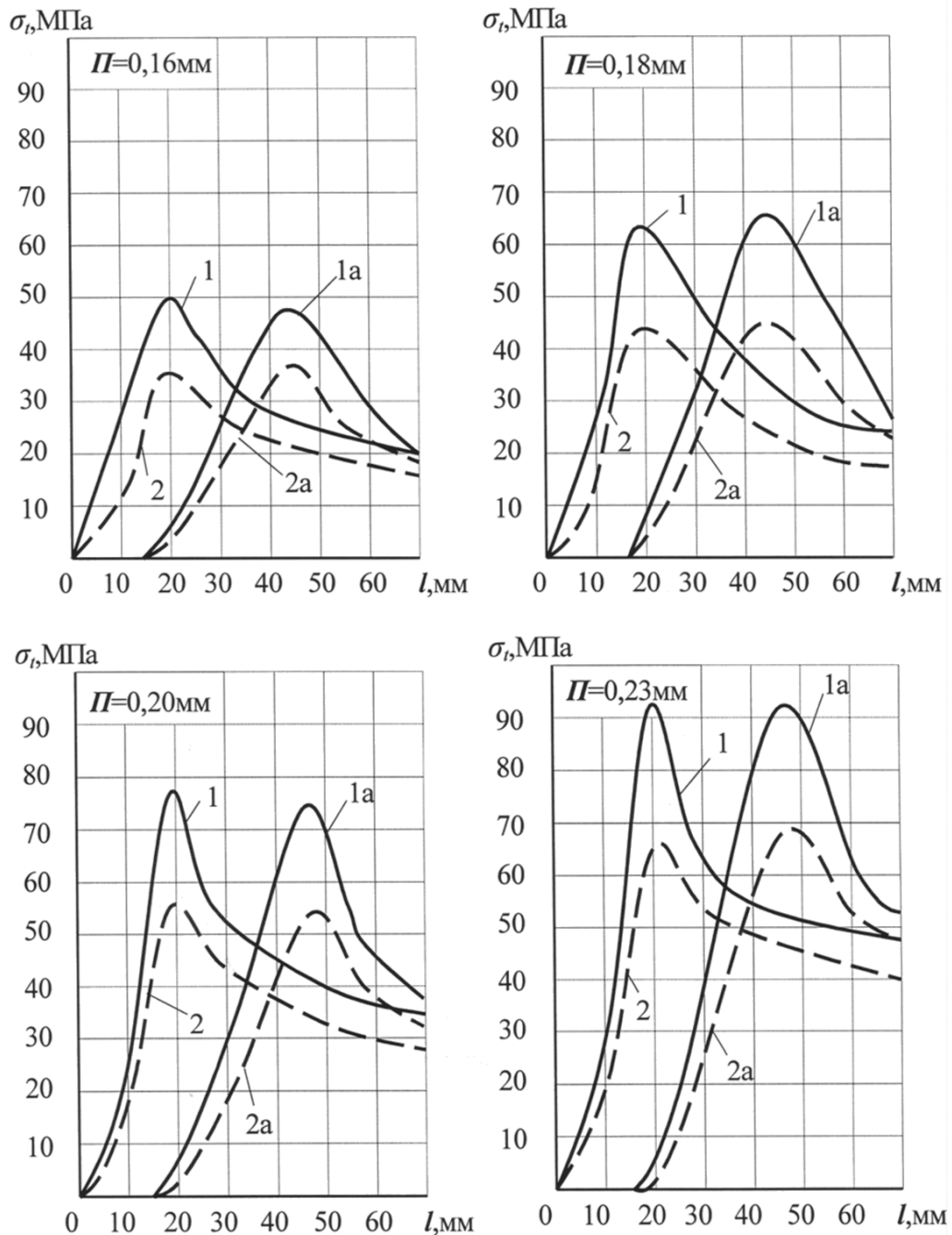


Рисунок 4.4 Криві зміни тангенціальної напруги:

1 і 1а - звичайна деформація у верхній і нижній частині поршневого пальця;

2 і 2а - вібраційна деформація в верхній і нижній частині поршневого пальця

При вібраційній деформації (рис. 4.5) значення тангенціальної напруги

при припуску $\Pi=0,25$ мм склали 91-92 МПа, а при $\Pi=0,27$ мм - 113-114 МПа.

Різке підвищення величини напруги при деформації з вказаними припусками може бути пояснене появою пластичної деформації в зоні зразка, загартованого струмами високої частоти.

При звичайній деформації і припуску $\Pi=0,23$ мм найбільша тангенціальна напруга досягає 170 МПа, які викликають руйнування деталі.

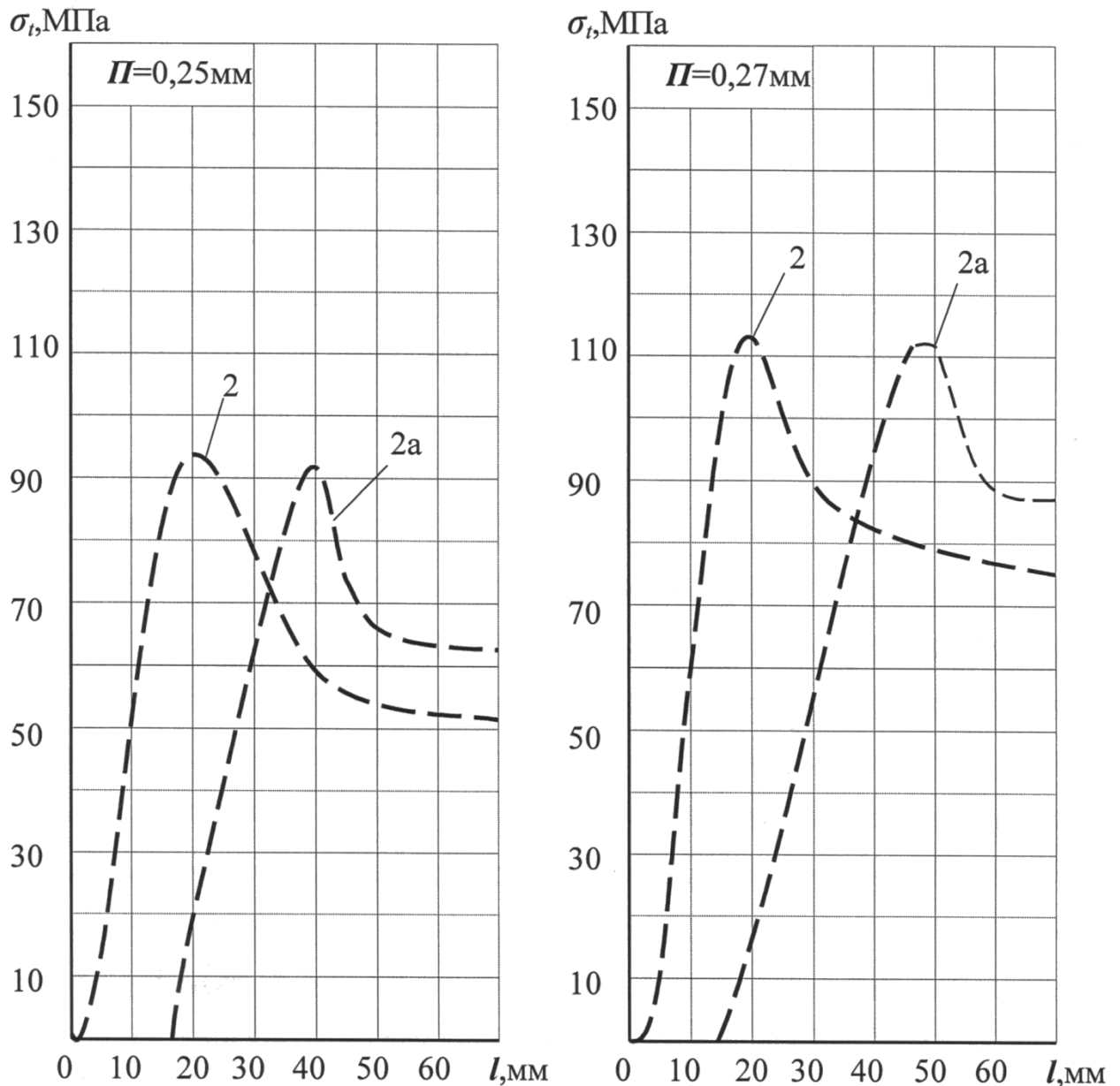


Рисунок 4.5 – Криві зміни тангенціальної напруги на зовнішній поверхні поршневого пальця при вібраційній деформації:

2-у верхній частині; 2а - в нижній частині

Як було експериментально встановлено, при звичайній деформації граничними виявилися припуски 0,22-0,24 мм, а при вібраційному 0,51-0,53 мм.

Роздача з вказаними припусками, як правило, приводила до руйнування поршневих пальців.

Таким чином, при вібраційній деформації з припусками 0,20-0,40 мм величини тангенціальної напруги, що виникають на зовнішній поверхні зразків, далекі від граничних значень.

4.4. Процес відновлення поршневих пальців вібраційним методом

Експериментальне дослідження процесу відновлення поршневих пальців вібраційною деформацією планувало проведення коректування результатів, отриманих при дослідженні дослідних зразків.

Результати експериментів, деформації, що найбільш наближаються до дійсного протікання процесу, дозволяють розробити його технологічну схему і зробити остаточні висновки про можливість і доцільність застосування вказаного технологічного процесу відновлення деталей типа втулок сільськогосподарської техніки.

Для дослідження використовували зношені поршневі пальці двигунів ЗМЗ-53, у тому числі що працюють в технологічних механізованих комплексах.

Всі зношені поршневі пальці, відібрані для відновлення, були виміряні по зовнішньому і внутрішньому діаметрах для встановлення максимального зносу кожної деталі. Крім того оцінили зміни розміру отвору пальця.

Розміри діаметрів пуансонів вибирали, виходячи з розміру внутрішнього діаметру поршневих пальців для визначення необхідних припусків. Робочий припуск при кожному проході пуансона встановлювали, виходячи з мінімальних розмірів отвору по довжині поршневого пальця.

Кількість проходів при роздачі обумовлювалось величиною залишкової деформації поршневого пальця по зовнішньому діаметру, яка забезпечувала здобуття його первинного розміру після шліфовки на безцентрово - шліфувальному верстаті. Припуск на шліфування складав 0,03мм.

Роздачу кожного зношеного поршневого пальця робили послідовно до тих пір, поки в будь-якому його місці по довжині зовнішній діаметр був не

менше 25,03 мм.

При вібраційній деформації пальців використовували мастило аналогічному тому, яке використовували при роздачі зразків (моторне масло М-10Г2 + 1,5% ПАФ-4).

В процесі проведення дослідів при роздачі поршневих пальців планували уточнити, а в окремих випадках встановити наступні параметри технологічного процесу:

- значення величини припуску і кількість проходів, що забезпечують відновлення зношених деталей;
- величину оптимального зусилля деформації;
- величину налипання металу на поверхню пуансона;
- якість поверхні відновлених деталей (відсутність тріщин і надривів);
- відповідність міцності відновлених поршневих пальців вимогам.

Зношені поршневі пальці можуть бути збільшені по зовнішньому діаметру до розміру 25,03 мм, який забезпечує здобуття номінального розміру пальців 25-0,01 мм після їх шліфування. Вказаний розмір пальців залежно від їх зносу і відповідності геометричної форми отвору може бути отриманий за один-три проходи. При першому проході припуски на обробку знаходилися в межах 0,15-0,20 мм; при другому - 0,10-0,15 мм; при третьому - 0,05-0,10 мм.

Дослідженням було встановлено, що більшість поршневих пальців із зносом до 0,045 мм, конусністю і овальністю не більше 0,05-0,06 мм можливо збільшити по зовнішньому діаметру до необхідного розміру вібраційною деформацією за один прохід. При зносі 0,05-0,07 мм і овальністю від 0,06-0,10 мм - за два проходи.

З поршневих пальців, виготовлених із загартованої сталі 45 і відновлених вібраційною деформацією 26% деталей було відновлено по зовнішньому діаметру до необхідного розміру за один прохід; 62% - за два проходи і 12% - за три проходи. До останньої групи деталей відносяться пальці з величиною зносу більше 0,07 мм.

Відносно велика овальність і конусність (більше 0,05-0,07 мм) отвору поршневих пальців певною мірою ускладнює процес їх відновлення. В цьому випадку доводиться збільшувати число проходів і тим самим декілька знижувати ефективність процесу.

При зносі досліджених пальців, рівних 0,035-0,07 мм, що найчастіше повторюється, вібраційну деформацію можна проводити за один прохід з припуском на обробку 0,16-0,26 мм. Вказані величини допусків майже відповідають оптимальним значенням, отриманих при дослідженні процесу роздачі дослідних зразків.

Характер зміни зусилля роздачі поршневих пальців практично не відрізняється від характеру зміни зусилля при деформації зразків. Так, зусилля роздачі поршневих пальців було в 1,04-1,06 рази більше, ніж - дослідних зразків.

В нових поршневих пальців у вертикальному перетині Б-б розподіли тангенціальної напруги від зовнішніх навантажень і залишкової тангенціальної напруги, викликаних поверхневим гартуванням, мають ідентичний характер. Тому в цьому перетині стискаюча напруга складається і на зовнішній поверхні досягає 720 МПа (рис.4.6, а).

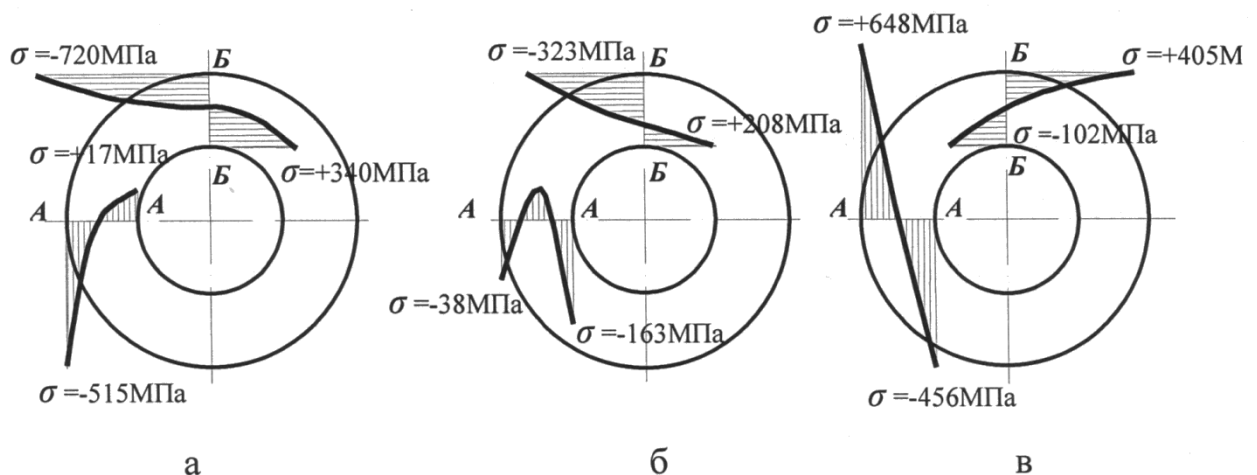


Рисунок 4.6 – Характер розподілу напруги в перетинах поршневого пальця

При вібраційній деформації пальців з припуском $\Pi = 0,35$ мм (рис.4.6, в) на зовнішній поверхні в горизонтальному перетині А-а діє значна розтягуюча напруга, що досягає 648 МПа. У вертикальному перетині вона декілька менше

по величині і дорівнює 405 МПа.

Таким чином, напруга на зовнішній поверхні у відновлених поршневих пальців при їх роздачі з припуском на обробку $\Pi=0,20$ мм виявляються меншою, ніж в нових пальців в процесі роботи двигуна. При деформації з вказаним припуском напруження у відновлених пальців на зовнішній поверхні в обох перетинах є такими, що стискають.

4.5. Зносостійкість відновлених поршневих пальців і втулок верхніх головок шатунів

Випробування на зносостійкість зразків, виготовлених з поршневих пальців і втулок верхніх головок шатунів двигунів машин, проводили на машині тертя СМЦ-2 за схемою «колодка-ролик», що імітують роботу з'єднання втулка верхньої головки шатуна - поршневий палець. Режим випробувань відповідав умовам роботи пари сполучення.

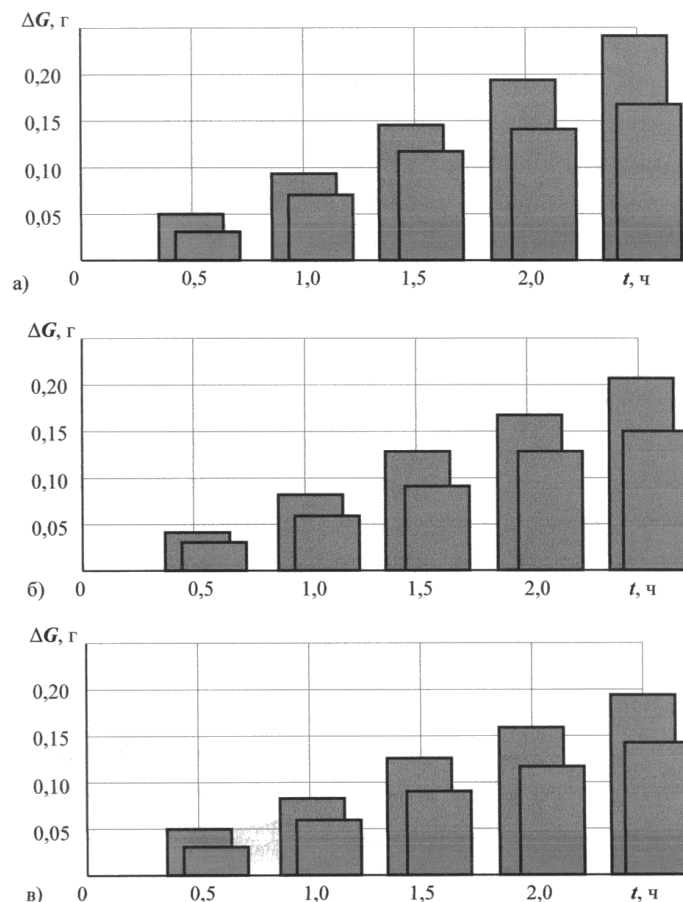


Рисунок 4.7 – Діаграми зносу ролика і колодки - при:

а) звичайній деформації; б) вібраційній деформації; в) нових деталей

Оцінку інтенсивності зносу деталей пари тертя проводили по середній величині втрати маси в результаті випробувань. Дослідженнями встановлено, що середній знос роликів склав: після звичайної деформації - 0,1694 гр, після вібраційної деформації - 0,1501 гр, а виготовлених з нових деталей - 0,1489 гр. Середній знос колодок склав відповідно 0,2447 гр; 0,2032 гр і 0,2003 гр.

На рис. 4.7 приведені діаграми зміни зносу деталей пари тертя.

Знос колодки при вібраційній деформації в 1,2 рази, а ролика в 1,13 рази менше в порівнянні із звичайною роздачею. Знос ролика і колодки, виготовлених з нових деталей на 0,8% і 1,4%, менше, ніж при вібраційній деформації.

4.6. Експлуатаційна стійкість деталей

Поршневі пальці, втулки верхніх головок шатунів в порівнянні з іншими деталями типу тіл обертання працюють у вкрай важких умовах: великі знакозмінні навантаження і високі температури.

Поршневі пальці по зовнішньому діаметру автомобіля ЗМЗ-53 розділені на 4 групи. Діаметри в бобишках поршнів і у втулці верхньої головки шатуна також чотирьох розмірів (таблиця. 4.3).

Таблиця 4.3

Розміри елементів поршневого з'єднання

Маркувальна фарба розмірної групи	Зовнішній діаметр пальця, мм	Діаметр отворів в бобишках поршня, мм	Натяг в з'єднанні поршень-палець, мм	Діаметр отвору у втулці шатуна, мм	Зазор в з'єднанні втулка шатуна-палець, мм
Біла	25,0	24,9950	0,0025	25,0070	0,0045
	24,9975	24,9925	0,0075	25,0045	0,0095
Зелена	24,9975	24,9925	0,0025	25,0045	0,0045
	24,9950	24,9900	0,0075	25,0020	0,0095
Жовта	24,9950	24,9900	0,0025	25,0020	0,0045
	24,9925	24,9875	0,0075	24,9995	0,0095
Червона	24,9925	24,9875	0,0025	24,9995	0,0045
	24,9900	24,9850	0,0075	24,9970	0,0095

Для створення однакових умов поршневих пальців, деталі шатунно-поршневої групи підбирали так, щоб різниця в масі комплекту: поршень з кільцями, поршковий палець, шатун була не більше 10 гр. При збиранні шляхом підбору забезпечували також нормальні зазори: між кожним поршнем і гільзою, в замку кожного поршневого пальця, між кожним поршковим кільцем і канавкою поршня по висоті.

Знос нових і відновлених вібраційним методом поршневих пальців мало відрізняється один від одного. Це ще раз підтверджує ту обставину, що в результаті вібраційної деформації зовнішня поверхня поршневих пальців структурним змінам не піддається. Зміцнення ж внутрішньої поверхні створює сприятливі умови для підвищення їх міцності.

4.7. Розробка технології відновлення поршневих пальців методом вібраційної деформації

Поршкові пальці двигунів ЗМЗ-53 виготовляють з сталі 45 (0,45-0,5%С) і піддають наступній термічній обробці:

- попередня термічна обробка: об'ємне гартування при температурі 820- 830С, охолодження в маслі, високий відпуск при 600-650С, охолодження протягом 1,5 ч. на повітрі;
- нагрівачи для гартування струмами високої частоти на глибину 1,1-1,5 мм, охолодження у воді при 20-25С;
- відпуск при 150-160С протягом 1,5 год у масляній ванні.

Згідно вимогам твердість зовнішньої поверхні повинна складати 58-65 HRC, а внутрішньої - 35 HRC.

Після остаточної механічної обробки (шліфування і полірування) овальність не повинна перевищувати 0,003 мм.

В процесі роботи двигунів поршкові пальці зношуються, величина зносу не перевищує 0,05-0,07 мм. Для відновлення пальця необхідно збільшити його зовнішній діаметр на 0,08-0,10 мм, що відповідає відносним деформаціям в межах 0,38-0,46%.

Згідно технічних умов на приймання для відновлення приймаються пальці із зовнішнім діаметром не менше 24,90 мм.

Виходячи з цих вимог придатні до відновлення поршневі пальці сортувалися по внутрішньому діаметру на чотири розмірні групи: перша - 15,7-15,8 мм; друга - 15,8-15,9 мм; третя - 15,9-16,0 мм; четверта більш 16 мм.

Для кожної з чотирьох груп виготовляли спеціальний комплект пуансонів з діаметром калібруючої частини залежно від припуску і методу роздачі (табл.4.4).

Роздача поршневих пальців закінчується досягши зовнішнього діаметру: для здобуття номінального розміру - 25,03 мм; 1-го ремонтного розміру - 25,11 мм; 2-го ремонтного розміру - 25,15 мм; 3-го ремонтного розміру - 25,23 мм.

Таблиця 4.4

Діаметр калібруючого пояса пуансона, мм

Прохід	Група			
	1-я	2-я	3-я	4-я
Звичайна деформація				
1	15,8	15,9	16,0	16,1
2	15,9	16,0	16,1	16,2
Продовження таблиці 5.2				
3	16,0	16,1	16,2	16,3
Вібраційна деформація				
1	15,85	15,95	16,05	16,15
2	15,95	16,05	16,15	16,25
3	16,05	16,15	16,25	16,35

Ескіз пуансона показаний на рис. 4.8.

У таблиці. 4.5 показані розміри зовнішнього діаметру зношених і відновлених поршневих пальців.

Таблиця 5.3.

Розміри зовнішнього діаметру поршневих пальців

Зовнішній діаметр зношених пальців мм	Зовнішній діаметр відновлених пальців, мм	Вигляд розміру
24,93...24,99	25,00 _{-0,01}	Номінальний
25,00...25,07	25,08 _{-0,01}	1-й ремонтний

25,08...25,11	25,12 _{-0,01}	2-й ремонтний
25,12...25,19	25,20 _{-0,01}	3-й ремонтний

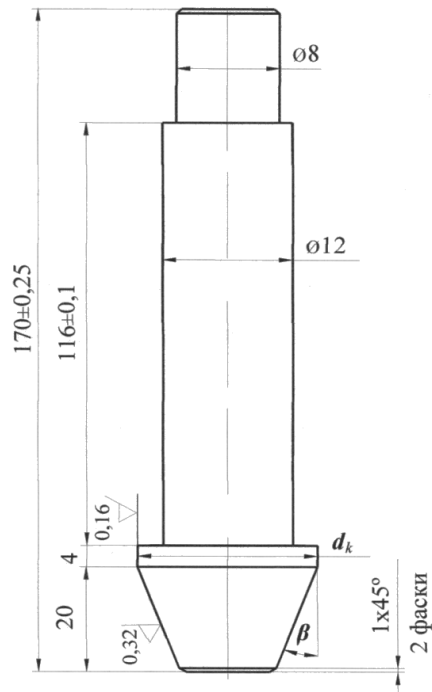


Рисунок 4.8 - Ескіз пуансона

Поршневі пальці кожної розмірної групи піддавали наступним способам обробки:

- звичайна деформація без попереднього відпалу;
- звичайна деформація відпалених пальців;
- вібраційна деформація без попереднього відпалу.

Вібраційну деформацію поршневих пальців робили на вібраційній установці по оптимальних параметрах: амплітуда коливань пуансона 1,25 мм, швидкість деформації 0,03 м/с, кут нахилу пуансона – 10°30'.

Розроблена технологія відновлення поршневих пальців двигунів ЗМЗ- 53 вібраційним методом. Сортувальна лінійка, яка використовується при відновленні поршневих пальців, показана на рис. 4.9.

Відповідно до розробленої технології відновлені поршневі пальці повинні відповідати наступним технічним вимогам:

1. На зовнішній поверхні пальців після полірування не допускаються риси, гострі кромки.
2. Шорсткість поверхні пальців повинна відповідати $Ka\ 0,16\ \mu\text{m}$.
3. Овальність і конусність зовнішньої поверхні не має бути більше $0,0025\ \text{mm}$.
4. Різностінність пальця допускається не більше $0,4\ \text{mm}$.
5. Твердість зовнішньої циліндричної поверхні пальців має бути не нижче 58HRC .
6. Допускається зменшення довжини відновлених пальців до $0,8\%$.

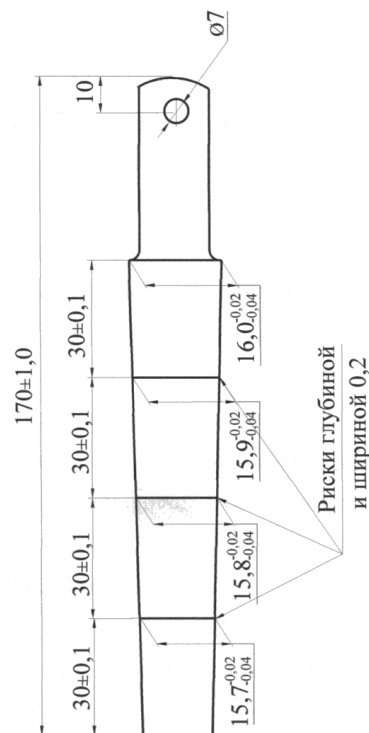


Рисунок 4.9 – Сортувальна лінійка

Висновки за розділом

1. Розроблена технологія відновлення поршневих пальців двигунів ЗМЗ-53 вібраційним методом.
2. Вібраційну деформацію поршневих пальців робили на вібраційній установці по оптимальних параметрах: амплітуда коливань пуансона $1,25\ \text{mm}$, швидкість деформації $0,03\ \text{m/s}$, кут нахилу пуансона – $10^{\circ}30'$.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Безпека праці під час ремонту автомобілів

Технічне обслуговування й ремонт автомобілів виконують у призначених для цього місцях (на постах). На робочих місцях мають забезпечуватися безпечні умови для проведення робіт; обладнання, інструмент та прилади мають відповідати характеру виконуваної роботи й унеможливлувати травматизм.

У разі примусового переміщення автомобілів з поста на пост потокової лінії передбачають світлову або звукову сигналізацію. Після сигналу про початок пересування конвеєра робітники повинні покинути робочі місця, вийти з оглядової ями й відійти від конвеєра. Для екстреного зупинення конвеєра на кожному посту є кнопки «Стоп».

Електричне обладнання діагностичного стенда з біговими барабанами (пульт керування, апаратні шафи, блоки барабанів тощо) має бути надійно заземлене.

Наприкінці зміни слід вимкнути рубильник стенда, закрити крани паливних баків, перекрити вентиль подачі стисненого повітря.

Під час роботи під перекинутою кабіною автомобіля положення обмежувача треба зафіксувати заціпкою, в разі опускання кабіни — надійно закрити запірний механізм і правильно встановити запобіжний крюк у пазу опорної балки.

Пуск двигуна треба здійснювати стартером, як виняток - пусковою рукояткою. Аби уникнути травмування кисті, рукоятку слід брати так, щоб всі пальці правої руки розташовувалися по один бік ручки. Повертати колінчастий вал треба тільки знизу вгору, довкола - забороняється. Пускати газовий двигун, якщо є витікання газу, не допускається.

Регульовальні роботи з двигуном, що працює, слід виконувати на спеціальному посту з місцевою вентиляцією для видалення відпрацьованих

газів. Забороняється підтягувати деталі газобалонного обладнання автомобілям виконувати інший ремонт, якщо у вузлах і трубопроводах є газ під тиском.

У приміщеннях для ТО й ремонту автомобілів забороняється залишати порожню тару з паливом та мастильними матеріалами. Розлите паливо або оливу слід негайно прибрати, використовуючи пісок чи тирсу[3]. Після завершення роботи всі використані ганчірки слід скласти у спеціальну тару.

Технічне обслуговування й ремонт приладів системи живлення, знятих з автомобіля, виконують у цеху (на дільниці). Біля ванни для миття деталей системи живлення, біля верстаків для розбирання-складання, перевірки й регулювання приладів, а також біля токарного верстата мають бути вентиляційні відсмоктування.

Роботи, пов'язані із зачищенням деталей перед паянням та лудінням, виконують на робочих місцях, обладнаних місцевою вентиляцією. Паливні баки й тару з-під пальних сумішей перед ремонтом треба промити гарячою водою, пропарити гострою парою, промити каустичною содою та просушити гарячим повітрям. Перед паянням і заварюванням слід відкрити пробки.

Займання треба гасити за допомогою вогнегасників, піском або струменем розпиленої води. Балони з газом слід поливати холодною водою, щоб запобігти підвищенню тиску в них.

Роботи з акумуляторними батареями треба виконувати в ізольованих приміщеннях із дотриманням вимог безпеки, викладених нижче. Усі особи, які причетні до роботи з акумуляторними батареями, повинні пройти спеціальний інструктаж з техніки безпеки.

У разі потрапляння електроліту або кислоти на шкіру необхідно негайно змити їх водою, 10 %-м розчином соди чи нашатирного спирту.

Закінчивши роботу з акумуляторами, перед уживанням їжі треба прополоскати рот і старанно вимити руки гарячою водою з милом. Заходити в їдальню в спецодязі забороняється.

На робочих місцях мають бути аптечки з йодом, ватою, марлею та 10%-м розчинами соди й нашатирного спирту. Питну воду слід зберігати у шафі в

закритій місткості. При акумуляторному цеху мають бути обладнані роздягальня та вмивальня з шафами для зберігання домашнього одягу й окремо — спецодягу. Забороняється транспортувати акумуляторні батареї вручну (незалежно від кількості їх).

В акумуляторних та зарядних приміщеннях мають бути вікна, що відчиняються. Покриття стелажів, стін і підлоги має бути кислототривким, а поверхня стін крім того, - гладенькою по висоті не менше ніж 1,75 м. Поверхня робочих столів, на яких розбирають і складають акумуляторні батареї, має бути рівною, без щілин і тріщин, а покриття - стійким проти сірчаної кислоти.

Непридатні пластини, свинець та його відходи треба зберігати в окремому ящику, що закривається. В акумуляторному цеху обов'язково має бути водопровід, щоб у разі потрапляння кислоти на шкіру робітника її можна було змити.

Електропроводка в акумуляторній майстерні має бути герметичною й виконуватися в металевих трубах, покритих асфальтовим лаком. Освітлення акумуляторного цеху й зарядного приміщення, а також зарядна установка мають бути вибухобезпечного виконання.

У приміщенні категорично забороняється палити й користуватися відкритим вогнем, оскільки водень, який виділяється під час заряджання акумуляторів, разом з киснем повітря, утворює гримучий газ, що легко вибухає.

Зварювальні, бляшано-кузовні, фарбувальні роботи слід виконувати в окремих ізольованих приміщеннях, обладнаних припливно-витяжною вентиляцією.

Демонтаж і монтаж шин автомобілів слід здійснювати на спеціально відведених місцях (постах). Перед демонтажем шини потрібно випустити повітря з камери. Під час накачування необхідно стежити за показами манометра, не допускаючи підвищення тиску повітря в шині понад установлену норму.

Миття автомобілів, агрегатів і деталей здійснюють на мийній дільниці, підлога якої має вологостійке покриття та уклон для стікання рідини. Дільницю

обладнують припливно-витяжною вентиляцією, а мийні ванни - витяжними зонтами. Перед приготуванням і використанням мийних розчинів слід надягти гумові фартух, чоботи, рукавички, а також захисні окуляри.

5.2. Розрахунок повітрообміну у проєктовані дільниці

Якщо природної вентиляції немає в приміщенні, тоді розхід повітря на одного працюючого повинен складати не менше 60 м³/год. В нашому випадку слюсарно-механічна дільниця має площу 42 м², число працюючих – 3 робітники.

1. Для приміщення з нормальним мікрокліматом і відсутністю виділення шкідливих речовин повітрообмін при загально-обмінній вентиляції визначається по формулі:

$$L = n \cdot L_1, \quad (5.1)$$

де n- кількість працюючих;

L₁ -розхід повітря на одного працюючого (приймається в залежності від об'єму приміщення, тобто від 20 до 60 м³/ год);

Розхід повітря рівний: L= 3 · 50=150 м³/ год.

2. Для приміщень з виділенням шкідливих речовин (газ, пилюка), розхід повітря визначається із умов балансу поступаючих в приміщення і видалених із нього шкідливих речовин і розбавлення їх до допустимих концентрацій, по такій формулі:

$$G + L \cdot g_{np} = L \cdot g_{вид}, \quad (5.2)$$

де L- об'ємний розхід припливного і видаленого повітря м³/год;

g_{np} і g_{вид}- концентрації шкідливих речовин в припливному і видаленому повітрі, мг/м³.

G- масове виділення шкідливих речовин, визначається по формулах.

Об'ємний розхід видаленого повітря (м³/год) визначається по формулі:

$$L_1 = \frac{\varphi \cdot G}{g_{вид} \cdot g_{np}}, \quad (5.3)$$

де φ - коефіцієнт нерівномірності виділення шкідливих речовин (приймається від 1,2 до 2,0)

3. Якщо припливне (зовнішнє) повітря не містить шкідливих речовин:

$$L = \frac{\varphi \cdot G}{k_g}, \quad (5.4)$$

k_g – гранично допустима концентрація шкідливих речовин в робочій зоні, мг/м³

4. Масове виділення окису вуглецю, окисів азоту і альдегідів при технічному обслуговуванні, ремонті і регулюванні двигунів при ВТО і майстернях визначається:

а) для автомобілів з інжекторним двигуном: кг/год.

$$G = 15(0,6 + 0,8B) \frac{P}{100} \cdot \frac{T}{60} \quad (5.5)$$

де B - робочий об'єм двигуна в (л)

P - об'ємна доля шкідливих речовин у відпрацьованих газах (4-6% - бензинових двигунів; 0.05-0.07 – дизельні)

T - час роботи двигуна (хв.)

Отже для одного автобуса, з часом обслуговування працюючого двигуна приблизно 30 хв:

$$G = 15(0,6 + 0,8B) \frac{P}{100} \cdot \frac{T}{60} = 15(0,6 + 0,8 \cdot 3) \frac{5}{100} \cdot \frac{30}{60} = 1,125$$

Розрахунок втрат тиску повітря проводиться за методикою:

Втрати тиску P_v (Па) залежить від довжини, діаметру кількості поворотів розгалужень повітропроводів, швидкості руху повітря і т.д.

$$P = v^2 \gamma 2g (\psi_T l_g / d + \sum \psi_m), \quad (5.6)$$

де ψ_T - коефіцієнт втрат тиску (приймається рівним 0.02);

v - швидкість повітря в повітропроводі : 1-4 для віддалених ділянок; 8-12 для прилеглих;

γ - коефіц. втрат тиску на тертя повітря до стінок (приймається рівним 0.02);

ψ_m - коефіцієнт місцевих втрат;

l_g - довжина ділянок повітропроводів.

Втрати тиску рівні $P = 2^2 \cdot 0.02 \cdot 2 \cdot 9.81 \cdot (0.02 \cdot 20/0.2 + 2,4 \cdot 10^2) = 365$ Па

Необхідна потужність (кВт) електродвигуна для приводу вентилятора визначається за формулою:

$$N = \frac{kLP}{3600 \cdot 1000 \eta_s \eta_n}, \quad (5.7)$$

де k - коефіцієнт запасу (приймається 1.05-1.5)

L - подача вентилятора

P - тиск, що створюється вентилятором

η_s - к.к.д вентилятора (приймається 0.5-0.55)

η_n - к.к.д приводу вентилятора (приймають 0.9-1.0)

Отже: $N = 1.05 \cdot 50 \cdot 365 / 3600 \cdot 1000 \cdot 0.5 \cdot 0.9 = 0.05$ кВт для одного циклу повітрообміну. Для оціночних розрахунків застосовують метод кратності повітрообміну. Кількість повітря, яку необхідно видалити із приміщення за 1 год. Визначається по формулі:

$$L = V_p \cdot n, \quad (5.8)$$

де n – кратність повітрообміну.

Враховуючи об'єм приміщення $42 \cdot 3 = 126 \text{ м}^3$, кратність повітрообміну – 8:

$$L = 126 \cdot 8 = 1328 \text{ м}^3/\text{год}$$

Отже потужність необхідна вентилятору рівна:

$$N = 1.05 \cdot 50 \cdot 365 / 3600 \cdot 1000 \cdot 0.5 \cdot 0.9 = 0.05 \text{ кВт}$$

5.3. Заходи електробезпеки в проектуваному цеху

Згідно вимог правил встановлення електрообладнання виробничі приміщення класифікуються по ступеню безпеки ураження людини електричним струмом.

Проектована ділянка відноситься до особливо небезпечних приміщень, так як вона характеризується за наступними ознаками:

- струмопровідна підлога – залізобетонна;
- в приміщенні виділяється струмопровідний пил;
- застосовуються змащувально-охолоджувальні суміші;
- не виключене одночасне дотикання до корпусів обладнання, що може бути під напругою і до заземлених частин будівлі;
- згідно рекомендацій на ділянках застосовують трифазну ,чотири провідну електричну мережу з заземленою нейтраллю.
- Напруга в мережі 220/380 В.

Мережа з заземленою нейтраллю застосовується там, де неможливо забезпечити добру ізоляцію проводів при тривалому ремонті пошкодженої ізоляції проводів.

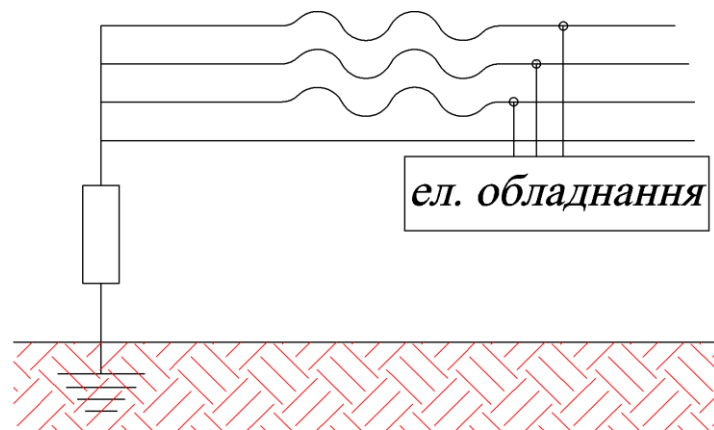


Рисунок 5.1 – Схема трифазної чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю

Основними причинами нещасних випадків від дії електричного струму є:

- випадковий дотик або наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою;
- поява напруги на металічних конструктивних частинах електрообладнання – корпусах, кожухах і т.п. – в результаті пошкодження ізоляції та інших причин;

- поява напруги на відключених струмоведучих частинах, на яких працюють люди, внаслідок помилкового включення установки;
- виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання проводу на землю.

Необхідність застосування занулення пояснюється областю застосування – трифазні, чотири провідні мережі з напругою до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю.

Зазвичай це мережі з напругою 220/380 В, що широко використовуються в машинобудуванні та інших галузях народного господарства.

Призначення нульового захисного щитка – створення для струму короткого замикання мережі з малим опором, щоб цей опір був достатнім для швидкого відключення пошкодженої установки.

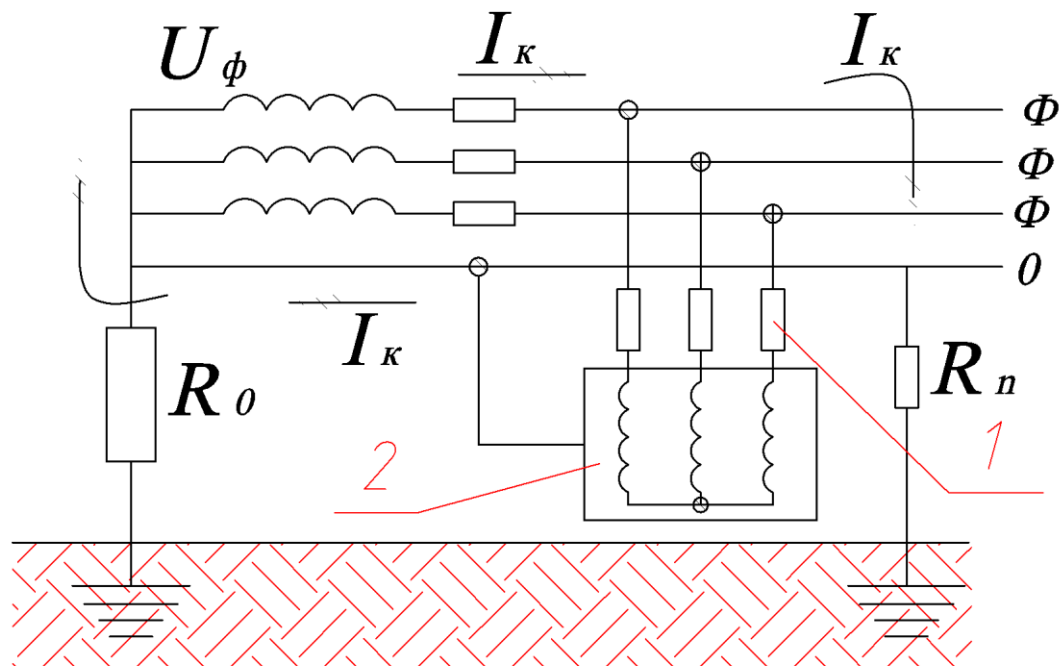


Рисунок 5.2 – Принципова схема занулення

1 – корпус; 2 – апарати для захисту від струму короткого замикання (плавкі запобіжники та ін.); R_o – опір заземлення нейтралі джерела струму; R_i – опір повторного заземлення нульового провідника; I_k – струм короткого замикання.

На проектованій ділянці передбачені наступні заходи по забезпеченню електробезпеки:

- кожен верстат має вимикач ручної дії, що розміщений в безпечному місці;
- двері шаф з електрообладнанням блоковані вимикачем таким чином, щоб двері шафи не відкривались при його ввімкненому положенні і електрообладнання не можна було вимкнути при його відкритих дверях, передбачена можливість відключення блокування для перегляду і перевірки апаратури;
- для живлення світильників місцевого освітлення з лампами розжарювання застосовують напругу не більше 24 В;
- для світильників місцевого освітлення передбачені окремі вимикачі;
- на кожному верстаті опір ізоляції електрообладнання в будь-якій надземній частині не менше 1 МОм, а ізоляцій обмоток електродвигуна (без з'єднувальних проводів) 0,5 МОм, (ГОСТ 12.2.000-80).

5.4. Безпека в надзвичайних ситуаціях

На сьогодні природно-техногенна безпеки для населення і території з умовлена зростанням втрат людей, що спричиняється небезпечними природними явищами, промисловими аваріями та катастрофами. Ризик надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру невпинно зростає, тому питання захисту цивільного населення від надзвичайних ситуацій на сьогодні є дуже важливе.

Згідно із Кодексом цивільного захисту України за організацію цивільної оборони на підприємстві відповідає керівництво. Керівництво підприємств повинно забезпечити працівників засобами захисту (індивідуального та колективного), створювати загони для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

У системі цивільного захисту підприємства необхідно забезпечити:

- інформування та організація захисту;
- можливість укриття населення у захисних спорудах;
- використання засобів індивідуального і медичного захисту;

– будівництво захисних споруд, насадження лісосмуг.

Основні положення Женевської конвенції щодо захисту жертв війни та додаткових протоколів до неї, можливого характеру воєнних дій, реальних можливостей держави щодо створення матеріальної бази захисту. З метою захисту населення, зменшення втрат та шкоди економіці в разі виникнення надзвичайних ситуацій потрібно проводити спеціальні комплекси заходів.

Інформування населення, яке досягається завчасним створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної, територіальних та об'єктових систем оповіщення населення.

Медичний захист проводиться для зменшення ступеня ураження людей, своєчасного надання допомоги постраждалим та їх лікування, забезпечення епідеміологічного благополуччя в районах надзвичайних ситуацій.

Інженерний захист проводиться з метою виконання вимог ГГЗ із питань забудови міст, розміщення ПНО, будівлі будинків, інженерних споруд та інше.

Радіаційний і хімічний захист включає заходи щодо виявлення і оцінки радіаційної та хімічної обстановки, організацію і здійснення дозиметричного та хімічного контролю, розроблення типових режимів радіаційного захисту, забезпечення засобами індивідуального захисту, організацію і проведення спеціальної обробки.

Біологічний захист включає своєчасне виявлення чинників біологічного зараження, їх характеру і масштабів, проведення комплексу адміністративно-господарських, режимно-обмежувальних і спеціальних протиепідемічних та медичних заходів.

Висновки за розділом

В розділі наведено заходи, щодо покращення умов праці на підприємстві, розраховано параметри системи повітрообміну проектованої ділянки, впроваджено заходи для підвищення електробезпеки. Ризик надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру невпинно зростає, тому охарактеризовано питання захисту цивільного населення від надзвичайних ситуацій.

6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ПОРШНЕВИХ ПАЛЬЦІВ ВІБРАЦІЙНИМ МЕТОДОМ

6.1. Вартість основних виробничих фондів

Вартість існуючих основних фондів, які беруться в оренду, визначені по інвентаризаційній оцінці станом на 1.01.2024 року. У відповідності до оцінки вартість будівель споруд становить 2841120 гривень. Обладнання 364800 грн. Інструменту пристосувань на суму 40850 грн.

Відповідно вартість основних засобів буде дорівнювати:

$$C_0 = C_{зд} + C_{об} + C_{прис} \quad (6.1)$$

де $C_{об}$ - вартість обладнання, грн.;

$C_{зд}$ - вартість будівель та споруд, грн.;

$C_{прис}$ - вартість інструменту і пристосувань, грн.

$$C_0 = 28411120 + 364800 + 40850 = 28816770 \text{ грн.}$$

6.2. Собівартість ремонту

6.2.1 Цехова собівартість ремонту

Цехова собівартість відновлення поршневих пальців визначається по формулі: [40].

$$C_{ц} = C_{пр.н} + C_{рм} + C_{оп} + C_{сн} \quad (6.2)$$

де $C_{пр.н}$ - повна заробітна плата робочих, грн.;

$C_{рм}$ - норматив затрати на ремонтні матеріали, грн.;

$C_{оп}$ - вартість загально виробничих накладних розходів, грн.;

$C_{сн}$ - вартість електроенергії, грн.;

Повна заробітна плата робітників:

$$C_{пр.к} = C_{пр} + C_{доп} + C_{соц.страх} \quad (6.3)$$

де $C_{пр}$ - основна заробітна плата виробничих робочих;

$C_{доп}$ - допоміжна заробітна плата, (7-10% від $C_{пр}$);

$C_{соц.страх}$ - відрахування на соціальні страхування, (47,5% ($C_{пр}+C_{доп}$))

$$C_{пр} = t_{вир} \cdot C_{ч} \cdot K_{г} \quad (6.4)$$

де $t_{вир}$ - трудомісткість на ремонт виробу, $t_{вир}=0,65$ год;

C_q - часова ставка робочих, $C_q=28,3$ гри;

K_r - коефіцієнт врахувань доплати за зверх урочні і інші роботи,

$K_r=1,025\dots 1,03$;

$$C_{пр} = 0,65 \cdot 8,3 \cdot 1,03 = 15,95 \text{ грн.}$$

Допоміжна заробітна плата:

$$C_{доп} = 10\% \cdot C_{пр} = 18,95 \cdot 10/100 = 1,9 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальне страхування:

$$C_{соц} = 47,5(18,95 + 1,9) \cdot 100 = 9,1 \text{ грн.}$$

$$C_{пр} = 18,95 + 1,9 + 9,1 = 29,95 \text{ грн.}$$

$C_{ел. ен}$ - витрати на електроенергію визначаємо з потужності верстатів які працюють на ділянці. В середньому при затратах часу на відновлення 0,65 год. Загальна потужність складає 33,4 кВт, в розрахунку на 10 поршневих пальців, тоді:

$$Q_{ел} = t \cdot q = 0,65 \cdot 13,4 = 8,71 \text{ кВт.}$$

Тоді

$$C_{ел. ен} = C_{ел. ен} \cdot Q_{ел. ен} = 1,02 \cdot 8,71/10 = 0,89 \text{ кВт.}$$

Визначаємо цехову собівартість ремонту виробу:

$$C_{ц} = 29,95 + 1,9 + 2,02 + 0,89 = 34,76 \text{ грн.}$$

6.3. Очікувані техніко-економічні показники

6.3.1 Валова продукція

$$V_{п} = N \cdot C_{оц} \tag{6.5}$$

де N - виробнича програма $N=120000$ шт.

$C_{оц}$ - відпускна ціна, $C_{оц}=43,5$ грн.

$$V_{п} = 120000 \cdot 43,5 = 5220000$$

6.3.2 Плановий прибуток

$$\Pi = (C_{ц} - C_{п}) \cdot N \tag{6.8}$$

де $C_{ц}$ - собівартість

$$\Pi = (43,5 - 34,76) \cdot 120000 = 1048800$$

6.3.3 Рівень рентабельності

$$P_{\Pi} = 100(C_{\Pi} - C_{\Pi})/C_{\Pi} \quad (6.9)$$

$$P_{\Pi} = 100 \cdot (43,5 - 34,76)/34,76 = 11,50\%$$

6.3.4 Затрати на 1 грн. товарної продукції

$$C_T = N \cdot C_{\Pi}/B_{\Pi} \quad (6.10)$$

$$C_T = N \cdot C_{\Pi}/B_{\Pi} \quad C_T = 34,76 \cdot 120000/1048800 = 3,97 \text{ грн.}$$

Термін окупності:

$$Q = \frac{C_0}{P_6}, \quad (6.11)$$

$$Q = \frac{2881670}{1048800} = 2,1 \text{ роки}$$

Висновки за розділом

1. Собівартість відновлення одного поршневого пальця методом вібраційної деформації

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Аналіз літературних джерел і передового досвіду в області відновлення деталей показав, що одним з перспективних є метод їх вібраційної обробки. Виявлена технологічна можливість і економічна доцільність відновлення деталей типу втулок даним методом.

2. Міра деформації при вібраційній обробці, а також зміцнення оброблюваного матеріалу залежать від форми і кута нахилу пуансона, матеріалу і розміру відновлюваних деталей, швидкості деформації, амплітуди і частоти коливань робочого органу - пуансона.

3. Оптимальними параметрами вібраційної обробки і інструменту є наступні: форма пуансона - конусна з кутом нахилу робочої його поверхні $=10^{\circ}30'$, швидкість деформації $V = 0,03$ м/с, амплітуда коливань пуансона $A = 1,25$ мм.

4. При зносі поршневих пальців від 0,035 до 0,045 мм необхідна залишкова деформація по зовнішньому діаметру може бути досягнута при вібраційній деформації за один прохід з припусками 0,16-0,26 мм. Така обробка сприяє зміцненню оброблюваної поверхні.

5. Собівартість одного поршневого пальця, відновленого вібраційним методом склала 34,76 грн. Річний економічний ефект при об'ємі потреби відновлення 120000 пальців вібраційним методом складе 1048800 грн., рентабельність -11,5%, термін окупності -2,1 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Молодик Н.В, Зенкін А.С. Відновлення деталей машин: Довідник. - М.: Машинобудування. 1989. 480 с.
2. Сідашенко О.І., Науменко О.А. та інші. Ремонт машин. К.: Урожай. 400 с.
3. Довідник конструктора-машинобудівника в 3-х томах. Т1. 9-е вид., за ред. Жесткової І.Н. Машинобудування. 2006. 928 с.
4. Бабичів А.П. Стан вібраційної зачисної обробки. Вібрації в техніці та технологіях. 1997. № 1. С.72-74.
5. Афтаназів І.С. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням. Житомир, 2001. 516 с.
6. Крагельский І.В. Тертя і спрацювання. К.: Машинобудування, 1978. 450 с.
7. Костецький Б.І. Механічні процеси при граничній терті. К.: Наука, 1972. 170 с.
8. Лапенко Т.Г. Розробка технології відновлення деталей сільськогосподарської техніки вібраційним деформуванням. Автореферат к.т.н. Харків, 2004. 16с.
9. Петрусевич А.І. Контактна міцність деталей машин. К.: Машинобудування. 1980. 64 с.
10. Григорєв М. А. Спрацювання і довговічність автомобільних деталей. К.: Машинобудування. 1996. 248 с.
11. Когут М.С. Основи взаємозамінності, стандартизації, сертифікації, акредитації та технічні вимірювання. Львів: Світ. 2010. 528 с.
12. Черновол М.І. Зміцнення і відновлення деталей машин композитними покриттями. К.: Вища школа, 1992. 79 с.
13. Канарчук В.Е., Чигринець А.Д., Голяк О .Я., Шоцький П.М. Відновлення автомобільних деталей: технологія і обладнання. К.: Транспорт, 2005. 303 с.

14. Азаревич Г.М., Ребшдер П.А., Берштейн Г.Ш. Чистова обробка зовнішніх циліндричних поверхонь пластичним деформуванням. К.: Вища школа, 1983. 59 с.
15. Радин Ю.А., Суслов П.Г. Стійкість деталей машин під час тертя. К.: Машинобудування. 1989. 229 с.
16. Дерягін Б.В., Кислик В.А. Зміцнення і стійкість. К.: Машинобудування. 2004. 287 с.
17. Максимович Г.Г., Янчишин Ф.П. Влив обкатки роликами на стійкість. К.: Машинобудування. 2005. 285 с.
18. Сологуб В.А., Білкін М.Я. Зносостійкість деталей з легованих сталей, зміцнених обкатуванням роликами. К.: Машинобудування. 1994. 192 с.
19. Дрига А.И., Брусиловський Б.А. Дослідження структурних змін у закаленій сталі після вібраційної обробки. Вібрації в техніці і технологіях. Вінниця, 2003. № 5. С. 3-5.
20. Бабичів А.П. Вібраційна обробка деталей. К.: Машинобудування. 2006. 36 с.
21. Берник П.С., Зайцев А.К., Ярошенко Л.В. Класифікація способів вібраційної обробки. Вібрації в техніці і технологіях. Вінниця, 1992. № 3. С.48-50.
22. Проников А.С., Суранов Г.І. Зменшення спрацювань авторемонтних двигунів. К.: Колос, 2003. 143 с.
23. Ачкасов К.А., Бендер А. та ін. Відновлення поршневих пальців і хрестовин кардана. Автомобільний транспорт. 1990. № 5. С. 39-40.
24. Губкін С.І., Мурані Е. та ін. Відновлення поршневих пальців з використанням методу пластичної деформації. К.: 1983. 82 с.
25. Деревин А.А., Смирнов В.А. Автомат для відновлення поршневих пальців. Відновлення деталей, ремонт и діагностика машин. Харків, 1997. С.247-250.
26. Сушкевич М.В. Відновлення поршневих пальців двигунів ЗМЗ-53. Техніка в сільському господарстві. № 1. 1982. С. 69-71.

27. Гурвич Н.Б., Побою до Л.М. та ін. Відновлення поршневих пальців. Техніка в сільському господарстві. 1989. № 1. С. 89-90.
28. Петренко С.И. Дослідження поверхневого шару металу пластичним деформуванням. К.: Машинобудування, 1990. 370 с.
29. Полупанов та ін. Пружно-пластичне деформування поршневих пальців автомобільних і тракторних двигунів під впливом електрогідравлічного ефекту.: Пр. ГОСНИТИ, 1974. Т.39. 375 с.
30. Іскович-Лотоцький Р.Д., Матвіїв І.Б., Крат В.А. Машини вібраційної та віброударної дії. - К.: Техніка, 1982. 208 с.
31. Какувицький В.А. Удосконалення відновлення деталей автомобільних двигунів. Ремонт и технічне обслуговування машинно-тракторного парку. ІМЕСГ, 1982. С. 40-41.
32. Величко В.П. Дослідження процесу відновлення поршневих пальців тракторних двигунів з нагрівом СВЧ. Автореф. дис. канд. техн. Наук. Глеваха, 1973.
33. Черновол М.І., Капелюшний Ф.М., Солових С.К., Солових А.С. Підвищення після ремонтного ресурсу поршневих пальців гідротермопластичною роздачею // Вісник ХДТУСГ. Харків: 2003. Вип. 14. С. 118-122.
34. Капелюшний Ф.М., Солових С.К., Аулін В.В. та ін. Аналіз стану поршневих пальців дизельних двигунів СМД-60, 62 та побудова статистичної моделі спрацювання. Проблеми трибології (Problems of Tribologi). 2001. № 4. С. 106-114.
35. Андрющенко А.В. і ін. Досвід відновлення поршневих пальців гідротермічним способом роздачі на Кіровоградському ремонтно- механічному заводі. Експрес-інформація. Ремонт машино-тракторного парку та відновлення деталей. Глеваха, ІМЕСГ, 1983. Вип.2. С.7-8.
36. Шор Б.І. Особливості термопластичної роздачі поршневих пальців: Глеваха, ІМЕСГ, 1981. Т. 65. С.75-81.

ДОДАТКИ

Технологічний процес відновлення поршневих пальців двигуна ЗМЗ-53 вібраційним методом

Технологічні операції і режим обробки	Устаткування і інструмент	Технічні умови	Розряд робітника	Норма часу, хв..
1	2	3	4	5
1. Розсортувати поршневі пальці по внутрішньому діаметру на чотири розмірні групи.	Лінійка сортувальна (рис. 5.3)	Виміри отвору робити з обох кінців поршневого пальця. Розмірну групу пальця визначити по максимальному діаметру отвору: 1) 15,7...15,8 мм. 2) 15,8...15,9 мм. 3) 15,9...16,0 мм. 4) Більше 16,0 мм.	3	3,0
2. Встановити поршковий палець в матрицю на вібраційній установці. Змастити робочу частину пуансона мастилом, роздати палець за 2,3 проходи до діаметра 25,03...25,23 мм. З послідовністю діаметром, що збільшується, і його перевіркою по зовнішньому діаметру після кожного проходу; швидкість руху пуансона 0,03 м/с.	Вібраційна установка; пристосування для роздачі пальців з комплектом пуансонів (кут нахилу 10°30'); індикаторна скоба з точністю відліку 0,001 мм.	Тріщини на поршневих пальцях після роздачі не допускаються; відхилення від співвісної пальця і пуануса не більше 0,01 мм.	3	10,0
3. Контроль пальців на магнітному дефектоскопі	Магнітний дефектоскоп М-217	Магнітний порошок має бути темно-коричневого кольору; сила струму 400...500 А	6	5,0

Продовження таблиці А1

1	2	3	4	5
<p>4. Шліфувати палець до діаметру 25 (0,005 мм; окружна швидкість шліфувального круга 25,30 м/с; частота обертання провідного круга 54 хв⁻¹; Подовжня подача 1700 мм/хв..</p>	<p>Верстат безцентрово-шліфувальний 3184; шліфувальний круг ПП 500x150x305 мм E25 CM2-S1K; круг шліфувальний ПВД 350x150x127 E16 Ст.В; індикаторна скоба 24,995...25,005 мм.</p>	<p>Шорсткість поверхні повина відповідати Ra 0,8 мкм.</p>	<p>5</p>	<p>9,0</p>
<p>5. Полірувати палець до діаметру 25-0,010 мм: окружна швидкість круга 30 м/с; частота обертання провідного круга 40 хв⁻¹; поздовжня подача 1700 мм/хв.. (2-3 проходи)</p>	<p>Верстат безцентрово-шліфувальний 3184; шліфувальний круг ПП 350x150x162 EB3 CM 1Б; круг шліфувальний ПВД 300x200x127 EB3 CM2В; скоба індикаторна 24,990...25,000 мм.</p>	<p>Шорсткість поверхні повина відповідати Ra 0,16 мкм; зовнішня поверхня має бути без волосовими і рисок; овальність і конусність зовнішньої поверхні допускається не більше 0,0025 мм; різностінність пальця допускається не більше 0,4 мм.</p>	<p>5</p>	<p>9,0</p>
<p>6. Розсортувати пальці по зовнішньому діаметру через 0,0025 мм. і зробити контроль</p>	<p>Оптиметр вертикальний ІКВ; кисті</p>	<p>Маркувальня; Діаметр 25-0,0025 мм. забарвлення групи: Біла Зелена Жовта Червона Примітка: маслобензостійка фарба наноситься на внутрішню поверхню пальця. Площа забарвлення не менше 2 см²</p>		