

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Проект ділянки ремонтного цеху для відновлення шліців карданного валу 130-2200023 з дослідженням процесу тертя та визначення параметрів моделей зношування*

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-61

спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Копча О.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Гупка А.Б.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Гевко І.Б.

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

(підпис)

Ляшук О.Л.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2020

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

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

Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ляшук О.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«29» вересня 2020 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Копча Олег Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект ділянки ремонтного цеху для відновлення шліців карданного валу 130-2200023 з дослідженням процесу тертя та визначення параметрів моделей зношування

Керівник роботи Гупка А.Б., к.т.н., ст викладач.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «29» вересня 2020 року № 4/7-690

2. Термін подання студентом завершеної роботи 14 грудня 2020

3. Вихідні дані до роботи Характеристика підприємства, базовий технологічний процес відновлення шліців карданного валу 130-2200023

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

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ. 4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Карта ескізів – 2А1.

Наплавочна головка А-580М– 1А1.

Пристрій для радіального контролю биття– 1А1.

Випробувальний стенд за схемою перехресні циліндри – 1А1.

Результати наукових досліджень– 2А1.

Ділянки по відновлюванню– 1А1.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Клепчик В.М.		

6. Консультанти розділів роботи

7. Дата видачі завдання 29.09.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	15.10.2020	
2	Технологічний розділ	29.10.2020	
3	Конструкторський розділ	11.11.2020	
4	Науково-дослідний розділ	25.11.2020	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	09.12.2020	
6	Оформлення графічної частини	11.12.2020	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	21.12.2020	

Студент

_____ (підпис)

Копча О.М.,

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Гупка А.Б.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Одним з найбільш відповідальних вузлів любого автомобіля є муфта зчеплення. На ремонтному підприємстві ведений диск муфти зчеплення не відновлюється, а надходить як запасна частина. Тому в технологічній частині магістерської роботи розроблена технологія відновлення маточини веденого диску муфти зчеплення. Особливістю наданої технології є відновлення основних дефектів маточини веденого диску муфти зчеплення пластичним деформуванням.

В організаційній частині запропоновані заходи по вдосконаленню організації ремонту веденого диску муфти зчеплення. При цьому пропонується організувати самостійну дільницю по ремонту веденого диску. Розрахована дільниця по ремонту веденого диску муфти зчеплення. Приведений список робіт по відновленню маточини, приведені розрахунки їх трудоемкості, необхідної кількості робочих та робочих місць, обладнання, визначена необхідна виробнича площа. Знайдено компоновочне рішення і накреслено планування дільниці відновлення веденого диску муфти зчеплення.

В конструкторській частині розроблене пристосування для клепання фрикційних накладок на ведений диск муфти зчеплення. Проведені розрахунки необхідного зусилля при клепанні накладок, розрахована та обрана пневмокамера, розраховані основні вузли стану на міцність.

Приведені розрахунки фондів заробітної платні, техніко-економічні показники роботи дільниці по ремонту маточини веденого диску муфти зчеплення. Проведені розрахунки економічної ефективності організаційних заходів по ремонту муфти зчеплення. Визначена собівартість проектування й виготовлення пристосування для клепання накладок. Проведений розрахунок річної економії, термін окупності й річний економічний ефект від впровадження наданої конструкції.

В розділі охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях проведений аналіз можливих небезпек та шкідливих впливів при виконанні робіт на дільниці і розроблені заходи по їх усуненню. Проведені розрахунки місцевої

вентиляції на ділянці по ремонту маточини муфти зчеплення. Дана оцінка інженерного захисту робітників та службовців

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Опис конструкції шліцьового валу, його призначення і умови роботи.	7
1.2 Аналіз технічних умов на відновлення поверхні деталі	9
1.3. Вибір і обґрунтування методу та обладнання для відновлення поверхні шліців.	9
1.4. Висновки та постановка задач на магістерську роботу	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1. Розробка технологічного процесу відновлення поверхні шліців.	15
2.2. Розрахунок припусків аналітичним методом. Схема розташування припусків та допусків.	16
2.3. Вибір устаткування, матеріалів та розрахунок режимів для наплавлення поверхонь шліців.	19
2.4 Вибір обладнання та розрахунок режимів механічної обробки відновленої поверхні шліців за нормативами.	22
2.5. Нормування технологічного процесу відновлення поверхні шліців.	32
2.6. Річний економічний ефект від відновлення деталей	34
2.7 Вихідні дані для розрахунку ділянки по відновленню шліцевих валів.	34
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.	37
3.1. Розробка конструкції пристрою на задану операцію.	37
3.2 Розрахунок вимірювального інструменту.	38
3.3. Пристрій для контролю параметрів якості шліцевого вала.	39
3.4. Контроль макроструктури, мікроструктури, твердості відновленої поверхні шліців.	39
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	42
4.1 Дослідження процесу тертя та визначення параметрів моделей зношування	42
4.2. Розрахунки вузла тертя на зносостійкість. Оцінка ефективності способів підвищення зносостійкості.	48

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	50
5.1. Розрахунок заземлювача.	50
5.2. Розрахунок бічного природного освітлення.	53
5.3. Розрахунок штучного освітлення ділянки.	55
ВИСНОВКИ	58
БІБЛІОГРАФІЯ	60
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Відновлення важконавантажених, дороговартісних деталей багатомільйонного парку автомобілів, та інших машин і обладнання, являє собою актуальну проблему народного господарства. В залежності від вибраного методу відновлення деталей, від його організації в основному залежать довговічність відремонтованих агрегатів і автомобілів в цілому, розхід запасних частин, матеріалів, затрати праці і т.д. Так як не всі методи відновлення є ефективними, необхідний обміркований вибір найбільш раціонального із них, який застосовуються до відповідних деталей автомобіля.

Науково технічний розвиток розкриває найбільш прогресивні методи підвищення відновлення деталей машин, яке забезпечує довговічність їх у роботі. Все це веде до збільшення міжремонтних термінів служби автомобілів. Підвищення зносостійкості деталей автомобілів являється однією із основних проблем автомобілебудування, і її вирішення потребує оцінки кількісних показників зносостійкості або з ратифікації по надійності достатньо складних механічних систем. Розрахункові оцінки показників, по теоретичних моделях, не мають чіткого однозначного зв'язку з реальними машинами. Проведення випробовувань з виконанням всіх вимог статичної представленості для дороговартісних систем практично неможливо.

Суть методу полягає в комплексному використанні як розрахункових моделей так і можливих випробовувань. На першому етапі складається і аналізується можливо більш необхідна математична модель зносостійкості, і визначається її розрахункові показники, на другому етапі – плануються і проводяться випробовування, із врахуванням отриманих розрахункових оцінок. Така методика дозволяє скоротити число випробовуваних зразків до мінімуму, дає оцінку показників зносостійкості з відомою точністю і встановлює відповідності дійсних показників нормативним.

Визначення параметрів моделі зношування являється однією із головних задач експериментальної трибології. До тих пір, поки не отримано достовірних

даних параметрів моделі зношування, фактично відсутні можливості описувати кількісні закономірності зношування.

Нові можливості дозволяють використовувати велику кількість матеріалів для різних вузлів тертя. На визначення властивостей кожного із них, та його поведінку при різних умовах експлуатації, витрачається велика кількість часу і грошей. Визначення параметрів моделі зношування матеріалів, при заданих умовах експлуатації, дає можливість прогнозувати поведінку матеріалів, а також розрахувати ресурс вузла тертя.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції шліцьового валу, його призначення і умови роботи.

Карданна передача призначена для передачі обертаючого моменту від коробки передач або розподільної коробки до ведучого моста автомобіля.

Особливістю карданної передачі є можливість передачі обертаючого моменту від одного вала до другого при змінюванні кутів і відстаней між ними під час руху автомобіля по нерівній дорозі.

Карданна передача показано на (рисунку 1.1), складається із проміжного (2) і головного (7) карданних валів, проміжної опори (3) і трьох шарнірів. Проміжний карданний вал являє собою тонкостінну трубу, в якій приварена вилка (1) і шліцьова втулка (14). З обох торців труби, головного вала (7) приварені вилки (6). Вал вилки (10) має шліцьову частину. За рахунок його переміщення в втулці (14) проміжного валу забезпечується можливість збільшити відстань між переднім шарніром основного вала і заднім шарніром основного вала.

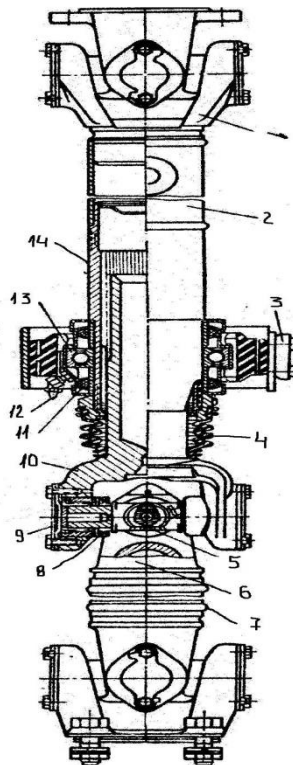


Рисунок 1.1 – Карданна передача.

Змащення шліців виконується після розробки з'єднання. Для зберігання від пилу і грязі служить гумовий чохол (4).

Опорою проміжного карданного вала служить шарикопідшипник (13), встановлений на гумовій подушці проміжної опори (3) і закритий з обох торців кришками з войлочними сальниками (11). Для змащення шарикопідшипника передбачена маслянка (12). Хімічний склад і фізико-механічні властивості сталі 45Г надані в таблицях 1.1 і 1.2 [1, с.87], [1, с.88], технологічні властивості сталі 45Г надані в таблиці 1.3 [1, с.92], відповідно.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад* сталі 45 Г (ГОСТ 1050 – 71), у відсотках

C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	P	S
0,42-0,50	0,17-0,37	0,60-1	0,30	<0,3%	<0,30%	<0,035%	<0,040%

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 45Г після нормалізації

Температура, °С		Границя текучост	границя міцності при розтягу	відносне видовження після розриву	відносне звуження після розриву	a_n^{*2} , Дж/см ²	НВ після відпалу більше
Нормалізація	відпуск з охолод. на повітрі	МПА		у відсотках			
850	600	380	530	15	40	50	229

Примітка. 1 кгс/мм² = 10 МПА; 1 кгс/см² = 10 Дж /см².

Таблиця 1.3 – Технологічні властивості сталі 45Г

Температура кування, °С		прогартованість, діаметр, мм		схильність до відпускної крижкості	оброблюваність різання		спосіб зварювання
початок	кінець	воді	маслі		K _v	матеріал різця	
1250	800	23-33	13-18	схильна при 1% M _n	0,9	твердість. Сплав(НВ -202)	Рд; кт; зф; вз.

Рд – ручне дугове зварювання; кт – контактне зварювання; вз – зварювання під вуглекислим газом; зф- зварювання під шаром флюсу.

Карданний вал працює у важких умовах. Тому, розглянувши хімічний склад та фізико–механічні властивості сталі 45Г, можна зробити висновки, що зазначений матеріал підходить для виготовлення деталі і подальшого її відновлення.

1.2 Аналіз технічних умов на відновлення поверхні деталі

Аналіз технічних умов на відновлення поверхні деталі [2, с.47] зводимо в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Аналіз технічних умов на відновлення поверхні деталі

Довжина шліців, мм	72
Кількість шліців, z	22
Товщина шліців, мм	6-0,07
Евольвентне шліцьове з'єднання з кутом 30^0 (центруванні по боковим поверхням зубів)	
Зовнішній діаметр шліців, мм	62
Внутрішній діаметр шліців, мм	54
Окружний зазор в шліцьовому з'єднанні не більше, мм	0,30
Твердість поверхні (л.8,с.156)	HRC 40-60
Довжина шліців, мм 72-0,19	
Модуль, мм	2,75
Радіальне биття на 100 мм, мм	0,03
Торцьове биття на 100 мм, мм	0,06

1.3. Вибір і обґрунтування методу та обладнання для відновлення поверхні шліців.

На основі певних літературних джерел проаналізовано декілька методів відновлення шліців. Це - автоматичне наплавлення під шаром флюсу, автоматична наплавлення в середовищі захисного газу, вібродугове наплавлення.

Автоматичне наплавлення під шаром флюсу. Дуга, втоплена в масі флюсу, горить під рідким шаром розплавленого флюсу в газовому просторі. Рідкий шар флюсу надійно приберігає розплавлений метал від навколишнього повітря, у

великій ступені зменшує розбризкування металу, покращує формування шва, використання теплоти дуги і матеріалу електродного дроту. Шлакова кірка яка утворюється при застиганні, сповільнює охолодження розплавленого металу і покращує умови формування його структурних перетворень. Невеликий виліт електроду (відстань від мундштука до деталі) дає можливість збільшити щільність робочих зварювальних струмів до 150–200 А/мм². Значно покращуються умови праці зварювальника.

Втрати на угар і розбризкування металу при наплавленні під шаром флюсу не перевищує 2% від маси розплавленого металу. Коефіцієнт наплавлення складає 14 – 16 г/А год, тобто в 1,5–2 рази вище, ніж при ручному зварюванні.

Недоліки зварювання під шаром флюсу – невидимість дуги і значні витрати і вартість флюсу. Невидимість місце зварювання потребує підвищеної точності підготовки виробу до процесу і зборки.

Автоматичне наплавлення в середовищі захисних газів. Суть процесу наплавлення в середовищі вуглекислого газу полягає в тому, що газ подається в зону зварювання із спеціальних пальників, змонтованих на автоматичних зварювальних головках, а також за допомогою спеціальних апаратів. Із балона по трубці (2) вуглекислий газ поступає в сопло (3) пальника, прикріпленій до мундштука (1) омиває наконечника (4) і електродного дроту (5), вуглекислий газ витісняє повітря і захищає зону наплавлення від дії азоту і кисню.

Перевага цього способу це - видимість зони зварювання, відсутність шлакової шкірки, дешевизна вуглекислого газу порівняно з флюсом і можливість накладання незручних і складних конфігурацій швів аж до стельових.

Недолік цього способу це підвищена піддатливість наплавленого шару до утворення тріщин, а також до вигорання легуючих елементів. Цьому підсопляє розкладання вуглекислого газу при високих температурах на оксид вуглецю і атомарний кисень. Шкідливе явище попереджують, застосовуючи електродний дріт з підвищеним вмістом марганцю, кремнію, хрому та інших розкислювачів.

Ручне наплавлення. Зварювання проводять покритим електродом, використовують постійний та змінний струм, в практиці використовують для

наплавлення невідповідальних деталей. Коефіцієнт на плавки коливається в межах від 6 до 18 г/(А год).

Недолік – невидимість дуги зварювання і місця наплавлення що потребує підвищеної точності підготовки виробу до процесу зварювання і зборки.

Під дією високої температури в зоні наплавлення молекули кисню і азоту, які попадають із повітря, частково розпадаються на атоми. Кисень утворює оксиди заліза і сприяє вигорання цінних легованих елементів (марганцю, кремнію і т.д.), та погіршує властивості наплавленого шару. Азот утворює нітриди, які збільшують твердість, знижує пластичність і сприяє утворення короблення і тріщини. Водень, попавши в зону наплавлення, із вологи і ржавчини, сприяє утворенню пор і тріщин. Щоб зменшити шкідливість дії цих елементів, місце наплавлення зачищають, а зону наплавлення захищають нейтральними газами і шлаками.

Вібродугове наплавлення. Зварювання проводять дротяним електродом з частотою 50–110 коливань в секунду. Амплітуда коливань електрода відносно наплавочної деталі зазвичай складає 1–3 мм. Вібрація електрода суттєво впливає на якість наплавлення і на весь хід процесу, і має ряд переваг порівняно із звичайним електродуговим наплавленням.

В зв'язку з розривом дуги при вібродуговому напавленні, утворюються дрібнокапельний перехід металу з електрода на деталь, утворюється мінімально можлива зварювальна ванна, сприяє достатньо доброму сплавленню електродного металу з основним, невеликому нагрівання деталі і утворення малої по глибині зони термічного впливу. Крім того, зменшується вигорання легуючих елементів електродного дроту порівняно із звичайного дуговим наплавленням. Вібродуговим наплавленням можна отримати порівняно тонкі і за звичай міцні покриття товщиною 0,2–2,5 мм на круглих деталях діаметром від 15 мм і вище.

Недоліки вібродугового наплавлення. Наплавлений шар часто отримують пористим і неоднорідним за твердістю і структурі металу. В результаті втомлена міцність деталей знижується майже в 2 рази. В зв'язку з цим застосуванням вібродугового наплавлення для відновлення відповідних деталей, які підлягають

великим знакоперемінним і циклічних навантажень, за звичай обмежено. Продуктивність вібродугового наплавлення нижче звичайної автоматичної, а втрати на розбризкування і угар вище і досягає 6–8 відсотків

Багато різних способів відновлення дозволяє відновлювати, але якість і вартість відновлення будуть різними. Тому для відновлення деталей, спосіб який забезпечував би максимальний ресурс і мінімальні затрати праці, і матеріалів. Такий спосіб називають раціональним, або оптимальним.

При виборі раціонального способу, враховують технологічні і економічні фактори. Спочатку розглядають всі способи з точки зору застосування їх для відновлення даної деталі.

Даний метод дозволяє оцінити спосіб відновлення деталі з точки зору її послідуєчій працездатності, називають критерієм довговічності. Він чисельно висловлює коефіцієнтом довговічності для кожного із способів відновлення і кожної конкретної деталі або групи конструктивно однакових деталей. За допомогою критерію довговічності можна конкретно назвати спосіб відновлення, який забезпечує найбільший ресурс деталі, але не можна сказати, що цей спосіб раціональний, так як невідома вартість. Остаточне рішення вибору раціонального способу відновлення деталі виносить на основі техніко–економічного критерію, об'єднуючого довговічність деталі і затрати на її відновлення.

Технічно – економічний критерій наведені в таблицях 1.6 [3, с.164] і 1.7 [4, с.10], визначається виразом

$$C_v < K_d C_n, \quad (1.1)$$

де C_v – вартість відновлення деталі; K_d – коефіцієнт довговічності (відношення ресурсу відновлення деталі до ресурсу нової) наведено в таблиці 1.5 [3, с.164]; C_n – вартість нової деталі.

Порівняємо методи відновлення по економічним розрахункам собівартості економічної доцільності відновлення деталі.

Відновлення методом вібродугового наплавлення

$$C_v = 0,9 \times 0,279 = 0,2511 \text{ грн};$$

наплавлення під шаром флюсу

$$C_{\text{в}} = 0,9 \times 0,308 = 0,2772 \text{ грн};$$

наплавлення в середовищі захисних газів

$$C_{\text{в}} = 0,9 \times 0,242 = 0,2178 \text{ грн};$$

наплавлення ручним дуговим

$$C_{\text{в}} = 0,8 \times 0,254 = 0,2032 \text{ грн};$$

Як бачимо з проведених розрахунків метод наплавлення в середовищі захисних газів дешевше, ніж інші методи нанесення покриття.

Таблиця 1.5 – коефіцієнт довговічності

Місце відновлення деталі	Коефіцієнт довговічності при відновлення		
	шліцьове з'єднання	вібродугове наплавлення	наплавлення в середовищі вуглекислого газу
	0,85 – 1	0,9 – 1	0,95 – 1

Таблиця 1.6 – Техніко-економічні показники способів відновлення деталей

Спосіб відновлення	товщина шару наплавленого за один прохід, мм	продуктивність кг/год	собівартість (вартість 1 грама покриття), коп.
Наплавлення під шаром флюсу	0.5—20	1.8—45	0.308—0.337
наплавлення в середовищі захисних газів	0.8—4	1.56—4.4	0.242—0.474
вібродугове наплавлення	0.5—5	0.6—4.4	0.279—0.746

Таблиця.1.7 – Техніко-економічні показники методів нанесення покриттів

Методи нанесення покриттів	зниження опору втоми, %	деформація виробу	доля основного металу в наплавленому, %	міцність зчеплення Мпа
Наплавлення під шаром флюсу	15	значна	27-60	650
Вібродугове наплавлення	35	незначна	8-20	500
В середовищі CO ₂	15	значна	12-45	550

1.4 Висновки та постановка задач на магістерську роботу

Зваживши всі за і проти, а також можливості виробництва, можна зробити висновок, раціональним способом відновлення пари тертя являється, автоматичне наплавлення в середовищі захисних газів. Тому для запропонованого методу потрібно розробити технологічний процес відновлення деталі. Розроблений технологічний процес дозволяє знизити собівартість ремонтних робіт та підвищити довговічність деталі. Для даного методу провести дослідження зносостійкості відновленої деталі. Наведений вище комплекс досліджень по вдосконаленню технології організації ремонту та відновлення деталей набуває важливого значення в світлі задач поставлених на підвищення якості та зниження матеріало-енергомісткості виготовленої продукції.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Розробка технологічного процесу відновлення поверхні шліців.

Після відновлення, деталь підлягає механічній обробці: точінню, для отримання необхідних розмірів і шорсткості поверхні. Технологічний процес матиме наступний вигляд:

Операція 005 Підготовка до відновлення.

Операція 010 Наплавлення.

Операція 020 Токарно-гвинторізна.

1. Точити відновлену поверхню начорно.

2. Точити відновлену поверхню начисто.

Операція 025 Контроль проміж уточний.

Операція 030 Зубофрезерне.

1. Фрезерувати відновлену поверхню начорно.

2. Фрезерувати відновлену поверхню начисто.

Операція 035 Контроль проміж уточний.

Операція 040 Круглошліфувальна.

Операція 045 Мийна.

Операція 050 Контроль.

Після наплавлення поверхонь шліцевого вала проточують до заданого розміру, підрізають напливи з торця і знімають фаску. Обробку проводять на токарно-гвинторізному верстаті мод. 1М63 . Перший прохід різця повинен бути проведений при мінімальній глибині різання з великою подачею змащувально-охолоджуючої рідини.

Шліці нарізають модульними фрезами, профіль яких відповідає профілю впадини між шліцами, на горизонтальних шліцефрезерних верстатах, модель верстата 6520К. В процесі нарізання здійснюється погодженим обертання фрези і шліцевого вала (для забезпечення заданого числа шліців) і переміщення

фрезерного супорта вздовж осі вала, погодженим з його обертанням. При цьому наструювати гітари швидкості, подачі і ділення.

Показано на кресленні, схема обробки деталі з використанням ділильної головки. Заготовку (1) встановлюють на оправці в центрах шпинделя ділильної головки і задньої бабки (8). Фасону фрезу (7) отримує обертання, а стіл – подовжню подачу. Після кожного періодичного ділення заготовки оброблюється впадини заготовки між двома сусідніми шліцями, а столу надається робоча подача, а після обробки впадини – прискорене переміщення у зворотному напрямку для повернення у вихідне положення. Цикл руху повторюється до повної обробки шліців.

Робоча позиція встановлюється і фіксується при обертання шпинделя (6) рукояткою (3) по ділильному диску (4) з лімбом. Рукоятка (3) фіксується пружинами пристрою при його заході в відповідний отвір ділильного диска, на якому концентрично розташовані (з двох сторін) по (11) окружності з числами отворів.

Після фрезерування, шліці шліфують на круглошліфувальному верстаті типу 3У131М, з базуванням в центрах.

2.2. Розрахунок припусків аналітичним методом. Схема розташування припусків та допусків.

Розрахуємо припуски аналітичним методом на обробку $\varnothing 62_{-0,19}$ шліцьового вала, заготовка – сортовий прокат, механічна обробка на верстаті – 1М63, кріплення – в центрах.

Припуск на обробку визначаємо за формулою

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{y_i}^2}), \quad (2.1)$$

де Rz_{i-1} – висота мікронерівностей на попередній операції; T_{i-1} – глибина дефектного шару на попередній операції; ρ_{i-1} – геометрична сума просторових

відхилень на попередній операції; ε_{yi} – похибка установки на виконуючій операції.

Висоту мікронерівностей Rz_{i-1} та глибину дефектного шару T_{i-1} заготовки на операцій механічної обробки вибираємо за [16] і [17] та записуємо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналітичний розрахунок припусків $\varnothing 62_{(-0,19)}$

Найменування операції переходу	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, Rz_{min} , мкм	Розрахунковий Розмір, мм	Допуск IT, мкм	Граничні розміри, мм		Граничне значення припусків, мм	
	Rz_{i-1}	T_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_{yi}				Min	max	Z_{min}	Z_{max}
Заготовка	160	250	36	–	–	62,151	460	62,151	62,611	–	–
Точити начорно	60	60	2	–	$\frac{2 \times 122}{244}$	61,91	300	61,91	62,21	0,244	0,401
Точити начисто	5	10	–	–	$\frac{2 \times 15}{30}$	61,81	190	61,81	62	0,100	0,21

Геометрична сума просторових відхилень визначається за формулою

$$\rho_{заг} = \Delta_k \times L, \quad (2.2)$$

де Δ_k – питома кривизна, $\Delta_k = 0,5$ мкм/мм [16]; L – відстань між опорами, $L = 72$ мм,

$$\rho_{заг} = 0,5 \times 72 = 36 \text{ мкм.}$$

Остаточна кривизна заготовки при виконанні операції механічної обробки визначається за формулою,

$$\rho_{ост} = K_y \times \rho_{заг}, \quad (2.3)$$

де K_y – коефіцієнт уточнення, для чорнової обробки $K_y = 0,06$, [17, с.61];

$$\rho_{ост} = 0,06 \times 36 = 2,16 \text{ мкм.}$$

На подальших операціях величина геометричної суми просторових відхилень на стільки мала, що нею можна знехтувати.

При обробці в центрах має місце принцип суміщення баз, тому похибка базування дорівнює нулю, $\varepsilon_6 = 0$. При використанні механізованого приводу сили затиску практично постійні, тому похибку закріплення дорівнює нулю, $\varepsilon_3 = 0$.

Тоді:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_3^2} = 0. \quad (2.4)$$

Визначаємо припуск на виконані операції:

- чорнове точіння

$$2Z_{\min} = 2(60+60+2) = 2 \times 122 \text{ мкм.}$$

- чистове точіння

$$2Z_{\min} = 2(5+10) = 2 \times 15 \text{ мкм.}$$

Визначаємо загальні припуски:

$$2Z_{3\max} = \sum 2Z_{\max i} = 0,401 + 0,21 = 0,611 \text{ мм;} \quad (2.5)$$

$$2Z_{3\min} = \sum 2Z_{\min i} = 0,244 + 0,100 = 0,344 \text{ мм;} \quad (2.6)$$

Проведемо перевірку вірності визначення числових значень припусків:

$$2Z_{3\max} - 2Z_{3\min} = IT_3 - IT_D, \quad (2.7)$$

$$0,611 - 0,344 = 0,460 - 0,190, \\ 0,270 = 0,270.$$

Числові значення припусків визначені вірно.

Визначимо дійсний розмір заготовки:

$$D_3 = 63_{-0,849}^{-0,389} \text{ мм.}$$

Згідно приведених розрахунків будемо схему розташування полів припусків і допусків, рисунок 2.1.

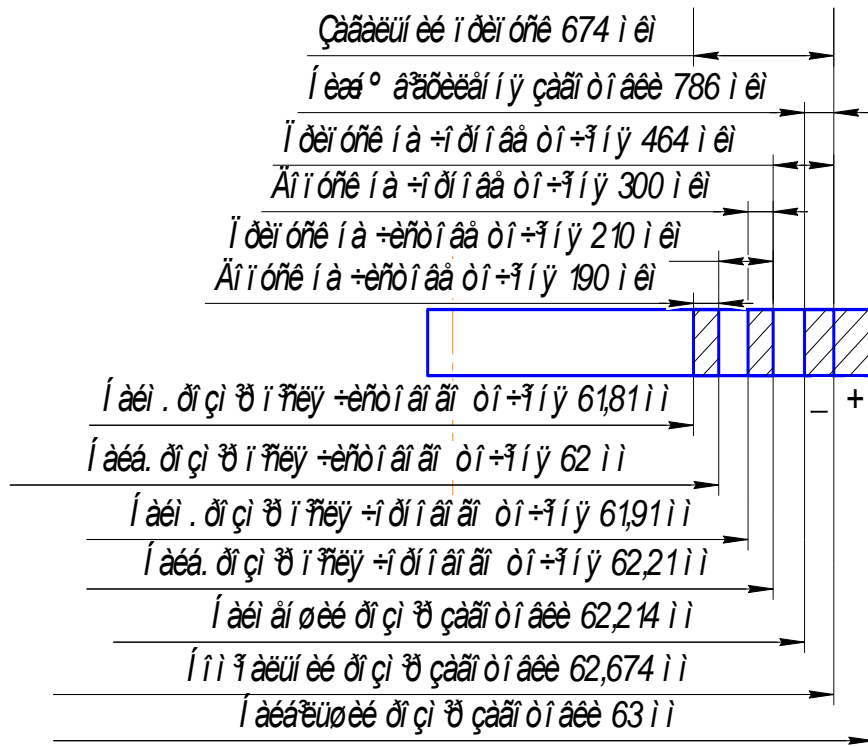


Рисунок 2.1 - Схема розташування полів припусків і допусків.

2.3. Вибір устаткування, матеріалів та розрахунок режимів для наплавлення поверхонь шліців.

Зовнішні поверхні шліців, зношені по товщині, відновлюють ручним дуговим наплавленням . Валики накладають по довжині шліців почергово в шліцові канавки з діаметрально протилежних сторін, щоб уникнути короблення вала. При ручному наплавленні застосовують електроди ОЗН-400У типу Е42А і Е46А з якісними покриттями.

Для наплавлення зношених поверхонь шліцевих валів використовують наплавочні електроди спеціального призначення ОЗН-400У, технічна характеристика наплавочного електрода наведено в таблиці 2.2 [2, с.94]. Режим наплавлення покритими електродами для відновлення шліцевого вала наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 - Технічна характеристика наплавочного електрода ОЗН-400У.

Електрод		Твердість поверхні НRс після наплавлення
Марка	Тип	
ОЗН-400У	ЕН-20Г4-40	55

Таблиця 2.3 - Режим наплавлення покритими електродами для відновлення шліцевого вала

Діаметр електродного дроту, мм	Сила струму, А	Напруга дуги, В
4	120	40

Автоматична наплавлення в середовищі вуглекислого газу показано на креслені. Наплавлення по зрівнянню з іншими способами відновлення дає можливість отримати на поверхні деталей шар необхідної товщини і потрібного хімічного складу, високої твердості і зносостійкості

Для наплавлення шліців використовують зносостійкі наплавочні метали, достатньо міцні, з високим опором втоми.

Електродний дріт для наплавлення шліцевих валів під вуглекислим газом вибирають наплавочний дріт Нп-50ХФА. Хімічний склад Нп-50ХФА наведено в таблиці 1.11 [3, с.39].

Таблиця 2.4 – Хімічний склад Нп-50ХФА, у відсотках

С	Mn	Cr	V	S	P	Si
				Не більше		
0,46 – 0,54	0,5 – 0,8	0,8 – 1,1	0,1 – 0,2	0,025		0,17 – 0,37

Нп-50ХФА – застосовують для наплавлення деталей які працюють в режимі багатократних змінних навантажень і вимагають довгого циклу роботи.

Відновлені шліци мають твердість HRC 43–50 [3, с.39], а шліци заводський HRC 46 [4, с.156]. Таким образом, виключається послідовна гартування шліців струмами високої частоти.

Обладнання для автоматичного наплавлення складається із джерела живлення струму, зварювальної головки і верстата для наплавлення або переобладнаного токарного верстата.

Джерело живлення струму - використовують постійний струм зворотної полярності, тому що при змінному струмі складно добитися стійкості горіння дуги. В якості джерела струму використовують зварювальний півавтомат типу ПДПГ-300. Технічна характеристика обладнання ПДПГ-300 наведено в таблиці 2.4 [15, с.137].

Таблиця 2.5 - Технічна характеристика обладнання ПДПГ-300

Модель обладнання	Наплавочний струм, А		Електродний дріт		Модель джерела живлення
	Номінальне значення	Границя регулювання	Діаметр, мм	Швидкість подачі, м/год	
ПДПГ-300	300	50-300	0,8-1,6	150-720	ПГС-500-1

Зварювальна головка – основний елемент автоматичної наплавочної установки. Вона складається із подаючого механізму з електродвигуном і редуктором, дозволяє змінювати швидкість подачі дроту в широкому діапазоні; касета для електродного дроту; і щит управління. На ремонтних підприємств застосовують наплавочну головку марки А-580М, показано на креслені. Для наплавлення у вуглекислому газі використовують як правило зварювальні апарати ПГС-500-1.

Верстати для наплавлення. В якості пристроїв для переміщення деталі, яка наплавляється до автоматичної наплавляючої головки на ремонтних підприємств використовують токарний верстат обладнаний спеціальним пристроєм для зворотньо-поступального руху. Наплавлену деталь кріплять в шпинделі або в центрах верстата, а зварювальну головку – на супорті. Універсальні наплавочні верстати У-651, У-652 і т.д. Режими наплавлення наведено в таблицях 2.6 та 2.7, [6, с.87], [5, с.131].

Відстань від торця мундштука горілки до наплавочної поверхні, повинна бути 7...15 мм. Кут нахилу пальника відносно вертикальної осі 5–15°.

Таблиця 2.6 - Режими наплавлення по довжині шліців

Діаметр електродного дроту, мм	наплавочний струм, А	напруга дуги, В	Швидкість наплавлення, м/год	розхід газу, л/хв	Подача електродного дроту, Р _Е м/год
1,2	130	20	16	9	75
Відстань від мундштука до наплавочної поверхні, L _М = 15 мм.					

Таблиця 2.7 - Режими наплавлення по колу наплавлених шліців

Діаметр електродного дроту, мм	наплавочний струм, А	напруга дуги, В	Швидкість наплавлення, м/год	розхід газу, л/хв
1,2	130	20	16	9
Крок наплавлення, мм	Зміщення з зеніту, мм		Подача електродного дроту, м/год	
3	3		75	
Відстань від мундштука до наплавочної поверхні, $L_M = 15$ мм.				

Перед початком наплавлення необхідно відрегулювати розхід вуглекислого газу і тільки через 30...40 с збудити дугу і приступити до наплавлення. Це необхідно, щоб газ витіснив повітря із шлангів і каналів наплавочної головки.

Зовнішні поверхні шліцевого вала наплавляють по черговою протилежно шліцевих канавок.

2.4 Вибір обладнання та розрахунок режимів механічної обробки відновленої поверхні шліців за нормативами.

Розрахуємо режими різання за нормативами на операцію 020 токарно – гвинторізну, точити відновлену поверхню шийок начорно.

Заготовка – деталь відновлена наплавленням в середовищі вуглекислого газу.

Матеріал – наплавочний дріт Нп–50ХФА.

Верстат – токарно-гвинторізний мод. 1М63, базування – в центрах.

Вибираємо різальний інструмент і призначаємо його геометричні та конструктивні параметри. Приймаємо токарний прохідний різець $B \times H = 20 \times 32$ мм; $L = 140$ мм. Матеріал різальної частини – пластина твердого сплаву Т15К6.

Геометричні параметри різця: $l = 25$; $s = 6$; $\alpha = 12^\circ$; $r = 0,5$ мм;

Призначаємо режими різання.

Глибина різання -1 мм.

Призначаємо подачу на оберт заготовки $S = 0,5 \dots 1$ мм/об, [7, с.266];

Вибрану величину подачі, корегуємо за паспортом верстата, приймаємо:

поперечна та поздовжня подача, $\frac{S_p}{S_{np}} = 0,5 \text{ мм/об.}$

Період стійкості різального інструменту, $T = 30 \text{ хв.}$, [7, с.268].

Призначаємо швидкість різання, яка допускається різальними властивостями інструменту:

$$V_{\text{різ}} = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v, \quad (2.8)$$

Середнє значення стійкості T , значення коефіцієнта C_v , показники ступені x , y і m [8, с.269, таблиця 17]; K_v - коефіцієнт являється добутком коефіцієнтів, враховуючих вплив матеріалу заготовки K_{Mv} [7, с.261, таблиця 1], стан поверхні $K_{пв} = 1$, [8, с.263, таблиця 5], матеріалу інструмента $K_{ив} = 1$, [7, с.263, таблиця 6].

$$K_v = K_{Mv} \times K_{пв} \times K_{ив} \quad (2.9)$$

Коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки,

$$K_{Mv} = K_r (750 / \sigma_e)^{nv} = 1 (750 / 1530)^1 = 0,49, \quad (2.10)$$

де K_r - коефіцієнт, характеризує групу сталі по оброблюваності, і показник ступені nv , $K_r = 1$, $nv = 1$, [7, с.262]; σ_e - границя міцності при розтягу, 1530 Мпа для заготовки, [1, с.86].

$$K_v = 0,49 \times 1 \times 1 = 0,49$$

Швидкість різання,

$$V_{\text{різ}} = \frac{350}{30^{0,20} \times 1^{0,15} \times 0,5^{0,35}} 0,49 = 111 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя за формулою,

$$n = \frac{1000 \times V_{\text{різ}}}{\pi \times d} \quad (2.11)$$

$$n = \frac{1000 \times 111}{3,14 \times 62} = 570 \text{ хв}^{-1}$$

За паспортом верстата, $n_d = 630 \text{ хв}^{-1}$.

Дійсна швидкість різання за формулою,

$$V_d = \frac{\pi \times d \times n_D}{1000} \text{ м/хв.} \quad (2.12)$$

$$V_d = \frac{3,14 \times 62 \times 630}{1000} = 123 \text{ м/хв.}$$

Перевіримо потужність двигуна верстата, 1М63, у якого $N_{\text{штп}} = 15$ квт.

Визначаємо потужність, яка витрачається на різання, [9, с.83],

$$N_{\text{різ}} = P_z \times V_d / 1020 \times 60, \quad (2.13)$$

де

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p, \quad (2.14)$$

$$K_p = K_{\text{MP}} K_{\text{фP}} K_{\text{γP}} K_{\text{λP}}, \quad (2.15)$$

$$K_p = 1,707 \times 0,89 \times 1 \times 1 = 1,520$$

$$K_{\text{MP}} = (\sigma_B / 750)^n \quad (2.16)$$

$$K_{\text{MP}} = (1530/750)^{0,75} = 1,707$$

де P_z – сила різання, t – довжина леза різця, v – швидкість різання, постійна C_p і показники ступені x , y , n для конкретних умов обробки, [7, с.271], s – подача на оберт заготовки; поправочний коефіцієнт K_p – це добуток коефіцієнтів, враховує фактичні умови різання, K_{MP} , $K_{\text{фP}} = 0,89$, $K_{\text{γP}} = 1$, $K_{\text{λP}} = 1$, K_p , [7, с.271, таблиці 9,23].

Сила різання, за формулою (1.15),

$$P_z = 10 \times 300 \times 6^1 \times 0,5^{0,75} \times 123^{-0,15} \times 1,520 = 7904 \text{ Н.}$$

Потужність яка витрачається на різання, за формулою (2.13),

$$N_{\text{різ}} = 7904 \times 123 / 61200 = 15,8 \text{ квт.}$$

Обробка можлива, так як потужність двигуна верстата, 1М63, [10, с.312].

$$N_{\text{штп}} \geq N_{\text{різ}}, (18 \geq 15,8) \quad (2.17)$$

Основний час на операцію визначаємо за формулою,

$$T_0 = \frac{L \times i}{n \times S}, \quad (2.18)$$

де L – довжина робочого ходу інструменту, $L = 72$ мм, [11, с.84]; i – кількість проходів, $i = 1,0$.

Основний час,

$$T_o = \frac{72 \times 1,0}{630 \times 0,5} = 0,23 \text{ хв.}$$

Операція токарно–гвинторізна. Режими різання зводимо в таблицю 1.15.

Розрахуємо режими різання за нормативами на операцію 020 токарно-гвинторізну, точити відновлену поверхню шліців начисто.

Верстат - токарно-гвинторізний мод. 1М63, базування – в центрах.

Вибираємо різальний інструмент і призначаємо його геометричні та конструктивні параметри. Приймаємо токарний прохідний різець $B \times H = 20 \times 32$ мм; $L = 140$ мм. Матеріал різальної частини - пластина твердого сплаву Т15К6. Геометричні параметри різця: $B = 10$; $l = 25$; $s = 6$; $\varphi = 90^0$; $\gamma_f = -5^0$; $\gamma = 15^0$; $\alpha = 12^0$; $\varphi_1 = 15^0$; $\lambda = 0$; $r = 0,5$ мм; $f = (1,0 \div 2,0) \times t = 2$ мм [19, с.347].

Призначаємо режими різання.

Глибина різання визначається за формулою,

$$t = \frac{2Z}{2} = \frac{0,464}{2} = 0,232 \text{ мм.} \quad (2.19)$$

Призначаємо подачу на оберт заготовки за $S = 0,5 \dots 1$ мм/об, [7, с.266];

Вибрану величину подачі, корегуємо за паспортом верстата, приймаємо: $S = 0,5$ мм/об.

Період стійкості різального інструменту, $T = 30$ хв, [7, с.268].

Призначаємо швидкість різання, яка допускається різальними властивостями інструмента, за формулою (2.8),

$$V_{\text{різ}} = \frac{350}{30^{0,20} \times 0,232^{0,15} \times 0,5^{0,35}} 0,49 = 138 \text{ м/хв.}$$

Коефіцієнт добутків коефіцієнтів, враховуючих вплив матеріалу заготовки K_{Mv} [7, с.261, таблиця 1], стан поверхні $K_{пв} = 1$, [8, с.263, таблиця 5], матеріалу інструмента $K_{ив} = 1$, [7, с.263, таблиця 6]. за формулою (2.9),

$$K_v = 0,49 \times 1 \times 1 = 0,49$$

Коефіцієнти, які враховують вплив матеріалу заготовки, визначають за формулою (2.10),

$$K_{Mv} = 1(750/1530)^1 = 0,49,$$

Частота обертання шпинделя за формулою (2.11),

$$n = \frac{1000 \times 138}{3,14 \times 62} = 709 \text{ хв}^{-1}.$$

За паспортом верстата, $n_d = 500 \text{ хв}^{-1}$.

Дійсна швидкість різання за формулою (2.12),

$$V_d = \frac{3,14 \times 62 \times 630}{1000} = 123 \text{ м/хв}.$$

Перевіримо потужність двигуна верстата, $\frac{1M63}{31}$, у якого $N_{шп} = 15 \text{ кВт}$.

Визначаємо потужність, яка витрачається на різання, [9, с.83], за формулою (2.13),

$$N_{різ} = 7904 \times 123 / 61200 = 15,8 \text{ кВт}.$$

Сила різання, за формулою (2.14),

$$P_z = 10 \times 300 \times 6^1 \times 0,5^{0,75} \times 123^{-0,15} \times 1,520 = 7904 \text{ Н}.$$

Поправочний коефіцієнтів що враховує фактичні умови різання, за формулою (2.15),

$$K_p = 1,707 \times 0,89 \times 1 \times 1 = 1,520.$$

Фактичні умови різання, за формулою (2.16),

$$K_{MP} = (1530/750)^{0,75} = 1,707$$

Обробка можлива, так як потужність двигуна верстата, $\frac{1M63}{31}$, за формулою (2.17)

$$N_{шп} \geq N_{різ}, (18 \geq 15,8), [10, с.312].$$

Основний час на операцію визначаємо за формулою, (2.18),

$$T_o = \frac{72 \times 1,0}{500 \times 0,5} = 0,23 \text{ хв}.$$

Операція 020 - токарно-гвинторізна. Режими різання зводимо в таблицю 1.15.

Розрахуємо режими різання за нормативами на операцію 030 шліцефрезерування, нарізання шліців на валу, модуль зуба $m = 2,75$, число шліців шліцевого вала $z = 22$.

Заготовка – деталь проточина начисто.

Верстат копірувально-фрезерний мод. 6520К, базування – в центрах, показано на.

Вибираємо різальний інструмент і призначаємо його геометричні та конструктивні параметри. Приймаємо модульну фрезу $D \times d \times B = 70 \times 22 \times 10,5$ мм; $z = 12$, з модулем $m = 2,75$ [7, с.191, таблиця 105]. Матеріал – модульна фреза з вставними ножами Т15К6. Фреза затилована, профіль зуба виконаний по евольвенті. На профілі зубів чорного фрези роблять канавки для дроблення стружки; передній кут рівний 10^0 , задній кут 10^0 . У чистових фрез передній кут рівний нулю. Профіль фрези № 4 розрахований по впадин шліца шліцевого вала з числом шліців 22.

Призначаємо режими різання.

Глибина різання

$t = 7,5$ мм, залишаючи припуск на чистову обробку 0,5 мм на сторону, [10, с.666].

Призначаємо подачу на оберт заготовки за [7, с.282].

Ширина фрезерування $B = 7,5$ мм.

Подача хвилинна, мм/хв.,

$$S_M = S_n = s_z z n = 0,12 \times 12 \times 40 = 57,6 \text{ мм/хв.} \quad (2.20)$$

де n – частота обертання фрези, об/хв,

$$n = 1000 \times v / \pi \times D; \quad (2.21)$$

де, z – число зубів фрези, $z = 12$; s_z – подача на один зуб, при чорновому фрезеруванні, $s_z = 0,12$ мм, [7, с.283, таблиця 34]; S – подача на один оборот фрези, при чистовому фрезеруванні, $S = 0,6$ мм/об, [7, с.285, таблиця 37].

Призначаємо швидкість різання – окружна швидкість фрези, м/хв,

$$V_{PI3} = \frac{C_v \times D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v. \quad (2.22)$$

Період стійкості $T = 60$ хв, [10, с.296, таблиця 10], значення коефіцієнта C_V , показники ступені x , y і m [7, с.286, таблиця 39]; K_V – коефіцієнт являється добутком коефіцієнтів, враховуючих вплив матеріалу заготовки K_{Mv} [7, с.261, таблиця 1], стан поверхні $K_{nv} = 1$, [7, с.263, таблиця 5], матеріал інструмента $K_{iv} = 1$, [7, с.263, таблиця 6].

$$K_V = K_{Mv} \times K_{nv} \times K_{iv} \quad (2.23)$$

$$K_V = 0,49 \times 1 \times 1 = 0,49.$$

Враховуючих вплив матеріалу заготовки,

$$K_{Mv} = K_r (750 / \sigma_s)^{nv} \quad (2.24)$$

$$K_{Mv} = 1 (750 / 1530)^{0,9} = 0,49,$$

де K_r – коефіцієнт, характеризує групу сталі по оброблюваності, і показник ступені nv , $K_r = 1$, $nv = 1$, [7, с.262, таблиця 2]; σ_s - границя міцності при розтягу, 1530 Мпа для заготовки, [1, с.86].

Швидкість різання в м/хв, за формулою (2.22),

$$V_{\text{різ}} = \frac{690 \times 70^{0,2}}{60^{0,35} \times 7,5^{0,3} \times 0,12^{0,4} \times 7,5^{0,1} \times 22} \times 0,49 = 8,77 \text{ мм/хв} = 0,146 \text{ мм/с}.$$

Частота обертання шпинделя за формулою,

$$n = 1000 \times 60 \times V_{\text{різ}} / \pi \times D \quad (2.25)$$

$$n = 1000 \times 60 \times 0,146 / 3,14 \times 70 = 39,85 \text{ об/хв}.$$

Коректуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстата:

$$n_{\text{СТ}} = 40 \text{ об/хв}.$$

Дійсну швидкість різання визначаємо за формулою,

$$V_d = \pi \times D \times n / (1000 \times 60) \quad (2.26)$$

$$V_d = 3,14 \times 0,70 \times 40 / (1000 \times 60) = 0,14 \text{ мм/с} = 8,4 \text{ мм/хв}.$$

Сила різання, Н,

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{MP}, \text{ Н}, \quad (2.27)$$

де z – число зубів фрези; n – частота обертання фрези, об/хв; значення коефіцієнта C_p і показників ступені, [7, с.291, таблиця 41], поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу K_{MP} , [7, с.264, таблиця 9], визначається за формулою,

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{1530}{750} \right)^{0,3} = 1,24. \quad (2.28)$$

Сила різання, Н,

$$P_z = \frac{10 \times 101 \times 7,5^{0,88} \times 0,12^{0,75} \times 10,5^1 \times 12}{70^{0,87} \times 40} \times 1,24 = 124,43 \text{ Н},$$

Крутний момент, Н×м, на шпинделі,

$$M_{KP} = \frac{P_z D}{2 \times 100} = \frac{124,43 \times 70}{2 \times 100} = 43,55 \text{ Н×м} \quad (2.29)$$

де D – діаметр фрези, мм.

Потужність різання, кВт,

$$N_{piz} = \frac{P_z v_D}{1020 \times 60} = \frac{124,43 \times 8,4}{1020 \times 60} \approx 1 \text{ кВт}. \quad (2.30)$$

Обробка можлива, так як потужність двигуна верстата, 6520К,

$$N_{шп} \geq N_{piz}, (3,4 \geq 1), [10, \text{с.329}], (1.31) \quad (2.31)$$

Основний час на операцію визначаємо за формулою,

$$T_0 = \frac{(B + l_1 + l_2)}{S_M} Z, \text{ хв}. \quad (2.32)$$

де B – довжина нарізаних шліців, мм; Z – число нарізаних шліців; S_M – подача заготовки, мм/хв; S_x – подача при допоміжному ході, l_2 – відстань перебігу, $l_2 = 2 \div 3$ мм; l_1 – відстань врізання,

$$l_1 = \sqrt{h(D_\Phi - h)} = \sqrt{7,5(70 - 7,5)} = 21,65 \text{ мм}, \quad (2.33)$$

де h – висота шліца, мм; D_Φ – діаметр фрези, мм.

$$T_0 = \frac{(72 + 21,65 + 2)}{57,6} 22 = 36,53 \text{ хв}.$$

Операція 030 шліцефрезерування. Режими різання зводимо в таблицю 2.8.

Розрахуємо режими різання за нормативами на операцію 040 круглошліфувальна. Шліфувати відновлену поверхню.

Операція 040 круглошліфувальна, показано на креслені шліфувати попередньо на верстаті типу 3У131М, базування – в центрах.

Вибираємо абразивний інструмент круга плоского прямого профілю з розміром $D \times H \times d = 350 \times 60 \times 127$ мм, із монокорунда 34А зернистості 40, твердості СМ2, зі структурою 5, на керамічній зв'язці К5, для роботи з окружною швидкістю до 35 м/с, клас точності А, нерівновагою першого класу: ПП 350×60×127 34А 40 СМ2 5 К5 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424 – 83.

Призначаємо режими різання.

Глибина різання визначається за формулою,

$$t = \frac{2Z}{2} = \frac{0,210}{2} = 0,105 \text{ мм.} \quad (2.34)$$

Призначаємо подачу на оберт заготовки, $S = 0,02 - 0,07$ мм/об, [12, с.240].

Коректуємо подачу за паспортними даними верстата, $S = 0,05$ мм/об.

Швидкість обертання шліфувального круга, м/с,

$$V_k = \frac{\pi D_k n_k}{1000 \times 60} = 27,5 \text{ м/с} = 2932 \text{ м/хв.} \quad (2.35)$$

де D_k – діаметр круга, мм; n_k – число обертів круга в хвилину.

Визначимо швидкість руху поздовжньої подачі за формулою,

$$V_s = \frac{S n_d}{1000}. \quad (2.36)$$

Визначаємо поздовжню подачу на оберт деталі, в довіднику рекомендують $S_d = 0,2 \dots 0,4$, приймаємо 0,3 мм,

Визначаємо поздовжню подачу на оберт деталі, з врахуванням параметрів абразивного інструмента,

$$S_o = S_d \times B_k = 0,3 \times 60 = 18 \text{ мм/об.} \quad (2.37)$$

Визначимо швидкість руху подовжньої подачі

$$V_s = \frac{18 \times 100}{1000} = 3,24 \text{ м/хв.}$$

Частоту обертання деталі, об/хв, визначаємо за формулою.

$$V_d = \frac{1000 \times V_d}{n d_g} = \frac{1000 \times 35}{3,14 \times 62} = 180 \text{ хв}^{-1} \quad (2.38)$$

де V_d – окружна швидкість деталі, $V_d = 15 \dots 55$ м/хв. Приймаємо середнє значення 35 м/хв, [9, с.353].

Швидкість обертання шліфувальної поверхні, м/хв

$$V_{sd} = \frac{\pi \times D_d \times n_d}{1000} = \frac{3,14 \times 62 \times 180}{1000} = 35 \text{ м/хв}, \quad (2.39)$$

де D_d – діаметр оброблюваної деталі, мм; n_d – число обертів деталі за хвилину, $n_d = 180 \text{ об/хв}^{-1}$.

Сила різання, Н, [12, с.250],

$$P_z = C_p v_d^{0,7} s^{0,7} t^{0,6} = 21,6 \times 35^{0,7} \times 0,05^{0,7} \times 0,105^{0,6} = 8,26 \text{ Н} \quad (2.40)$$

де C_p – постійна для конкретної умови обробки, $C_p = 21,6$.

Потужність електродвигуна для приводу в рух шліфувального круга, для шліцевого валу,

$$N_k = \frac{P_z v_k}{10^3 \times \eta_1} = \frac{8,26 \times 2932}{10^3 \times 0,85} = 28,5 \text{ кВт}. \quad (2.41)$$

Потужність електродвигуна, для обертання оброблюваної деталі,

$$N_d = \frac{P_z \times v_d}{60 \times 10^3 \times \eta_2} = \frac{8,26 \times 35}{60 \times 10^3 \times 0,8} \approx 1 \text{ кВт}. \quad (2.42)$$

де η_1 і η_2 – к. К. Д. Передача від електродвигуна, відповідно до шліфувального круга і оброблюваної деталі.

Обробка можлива, так як $N_{шп} \geq N_k$, ($30 \geq 28,5$), [2, с.319].

Нормування машинного часу на шліфування, основний час визначаємо за формулою

$$T_o = \frac{Lh}{n_3 S_o S_x} K, \quad (2.43)$$

де: L – хід стола; h – припуск на сторону; K - коефіцієнт точності, $K = 1,4$.

$$T_o = \frac{132 \times 0,105}{180 \times 18 \times 0,05} 1,4 = 1,20 \text{ хв}.$$

Операція 040 шліфування. Режими різання зводимо в таблицю 2.8.

Таблицю 2.8 - Режими різання за нормативами

Найменування операції, переходу, позиції.	T, мм	$\frac{l_{pi3}}{l_{p.x}}$, мм	λ ,	$\frac{T_m}{T_p}$, хв	$\frac{S_p}{S_{np}}$, мм/об	$\frac{n_p}{n_{np}}$, хв ⁻¹	$\frac{V_P}{V_{np}}$, мм/хв	S _о , мм/об	T _о , хв	$\frac{Np}{N_{wn}}$ кВт
020 Токарно-гвинторізна										
1.Точити начорно	1	$\frac{72}{77,232}$	1	30	0,5	$\frac{570}{630}$	$\frac{111}{123}$	---	0,23	$\frac{15,8}{18}$
2 Точити начисто	0,232	$\frac{72}{77,232}$	1	30	0,5	$\frac{709}{630}$	$\frac{138}{123}$	—	0,23	$\frac{15,8}{18}$
030 Зубофрезерне										
1.Фрезерувати начорно	7,5	$\frac{72}{96,27}$	1	60	57,6мм/хв	$\frac{39,85}{40}$	$\frac{8,77}{8,4}$	—	36,5 3	$\frac{1}{3,4}$
2.Фрезерувати начисто	0,5	$\frac{72}{96,27}$	1	60	24мм/хв	$\frac{48,22}{40}$	$\frac{10,6}{8,4}$	—	30,5 1	$\frac{1}{3,4}$
040 Круглошліфувальна	0,105	$\frac{72}{96,27}$	--	--	-	-	$\frac{2932}{35}$	18	1,20	$\frac{28,5}{30}$

2.5 Нормування технологічного процесу відновлення поверхні шліців.

Штучний час на операцію 010 відновлення поверхні визначається за формулою,

$$T_{шт} = (T_o + T_{в1} + T_{в2} + T_{в3}) \times [1 + 0,01(\alpha_{об} + \alpha_{отл})], \quad (2.44)$$

де T_o – основний час на операцію; $T_{в1}$, $T_{в2}$, $T_{в3}$ – допоміжні часи, пов'язані з оглядом і протиранням поверхні деталі перед відновленням; обезжирюванням поверхні деталі; поворотом і зняттям деталі. $T_{в1} = 1,32$ хв; $T_{в2} = 3,1$ хв; $T_{в3} = 0,34$ хв

[12]; $\alpha_{об}$; $\alpha_{отл}$ - час на обслуговування робочого місця; на відпочинок та особисті потреби відповідно, за [1] $\alpha_{об} = 4\%$; $\alpha_{отл} = 5\%$.

Основний час на відновлення поверхні визначається за формулою,

$$T_0 = \frac{6\Pi d(L+y) \times hi\gamma}{10^5 q K_H} \text{ хв}, \quad (2.45)$$

де d – діаметр відновлювальної поверхні, $d = 54$ мм; L – довжина наплавляючої поверхні, 72 мм; y – перебіг наплавочної головки, $y = 0$; h - товщина напиленого шару, $h = 8$ мм; i - число проходів, $i = 22$; γ - густина нанесеного металу, $\gamma = 7,48$ Г/см³; q - продуктивність металізатора, $q = 4,4$ кг/год, [3, с.164]; K_H - коефіцієнт наплавлення, $K_H = 8$.

$$T_{01} = \frac{6 \times 3,14 \times 54(72+0) \times 8 \times 22 \times 7,48}{10^5 \times 4,4 \times 8} = 27,40 \text{ хв.}$$

Штучний час на операцію відновлення поверхні,

$$T_{шт1} = (27,40 + 1,32 + 3,1 + 0,34) \times [1 + 0,01 \times (4+5)] = 35,05 \text{ хв.}$$

Основний час на наплавлення циліндричної поверхні.

$$T_0 = \frac{6\Pi d \times L \times hi\gamma}{10^5 q K_H}, \quad (2.46)$$

де d – діаметр відновлювальної поверхні, $d = 54$ мм; L – довжина наплавляючої поверхні, 72 мм; h - товщина напиляючого шару, $h = 2$ мм; i - число проходів, $i = 1$; γ - густина нанесеного металу, $\gamma = 7,48$ Г/см³; q - продуктивність металізатора, $q = 4,4$ кг/год, (3, с.164); K_H - коефіцієнт наплавлення, $K_H = 8$.

$$T_{02} = \frac{6 \times 3,14 \times 54(72+0) \times 2 \times 1 \times 7,48}{10^5 \times 4,4 \times 8} = 0,31 \text{ хв.}$$

$$T_{шт2} = (0,31 + 1,32 + 3,1 + 0,34) \times [1 + 0,01 \times (4+5)] = 5,53 \text{ хв.}$$

$$T_{сума} = T_{шт1} + T_{шт2} = 35,05 + 5,53 = 40,58 \text{ хв.} \quad (2.47)$$

2.6 Річний економічний ефект від відновлення деталей

Розрахунок річного економічного ефекту (грн.) при різних термінах служби нових і відновлених деталей, проводять за формулою,

$$E_p = \left[C_H \frac{P_2 + E_H}{P_1 + E_H} - (C_{ш} + E_H K) \right] N_{\text{від}} \quad (2.48)$$

ручне дугове наплавлення,

$$E_p = \left[300 \frac{11 + 0,15}{11 + 0,15} - (29,54 + 0,15 \times 3,01) \right] \times 3000 = 81002 \text{ грн}$$

де $P_1 = 11$, $P_2 = 11$; $C_H = 300$ грн.; $C_{ш} = 29,54$ грн.; $K = 3,01$ грн.; $N_{\text{від}} = 3000$; $E_H = 0,15$.

- під вуглекислим газом,

$$E_p = \left[300 \frac{15 + 0,15}{11 + 0,15} - (44 + 0,15 \times 3,02) \right] \times 3000 = 1089511 \text{ грн}$$

де $P_1 = 11$ роки і $P_2 = 15$ роки – величини, зворотні строкам служби відповідно нової і відновленої деталі; C_H – оптова ціна нової деталі, 300 грн.; $C_{ш}$ – собівартість відновлення деталі, 44 грн.; $K = C_A + C_{\text{п}}$ - затрати, обумовлено капіталовкладень, $K = 3,02$ грн.; $N_{\text{від}}$ – число відновлення деталей в розрахунковому році, $N_{\text{від}} = 3000$; E_H – нормативний коефіцієнт порівняно ефективності капітальних вкладень, $E_H = 0,15$ [20, с. 242]. Величина, зворотна E_H , приставляє собою нормативний термін окупності капітальних вкладень: $T_{\text{ок. н}} = 1 / E_H = 1 / 0,15 = 6,6$ років.

2.7 Вихідні дані для розрахунку дільниці по відновленню шліцевих валів

Річна виробнича програма відновлення шліцевих валів - 3000 штук.

Трудомісткість відновлення шліцевих валів - 40,58 хв.

Режим роботи дільниці для відновлення шліцевих валів - в одну зміну.

Ефективний річний фонд робітника складає - 1776 годин.

Ефективний річний фонд наплавленого обладнання - 1965 годин.

Тип виробництва - крупно серійне.

Річний обсяг робіт визначають за формулою

$$T_p = (N \times T) \times K_{ВП}, \quad (2.48)$$

де: N – річна виробнича програма, $N = 3000$ штук;

T – трудомісткість відновлення, $T = 40,58$ хв.;

$K_{ВП}$ – коефіцієнт який враховує власні потреби підприємства, $K_{ВП} = 1,1$.

$$T_p = (N \times T) \times K_{ВП} = (3000 \times 40,58) \times 1,1 = 133914 \text{ хв.} = 2231,9 \text{ год/р.} \quad (2.49)$$

Розрахунок кількості в технологічному обладнанні, при яких її визначають виходячи із трудомісткості, верстатомісткості об'єктів ремонту, подовженість технологічних операцій, фізичних параметрів об'єктів ремонту (маси, площі, поверхонь покриття і т.д.).

Розрахунок кількості технологічного обладнання визначають за формулою,

$$K_{об} = T_p / \Phi_{еф} = 2231,9 / 1965 = 1,136, \quad (2.50)$$

прийmemo $K_{об} = 2$.

де: T_p – річний обсяг робіт ;

$\Phi_{еф}$ – розрахунковий ефективний фонд робочого часу обладнання при роботі в одну зміну.

Технологічне обладнання і виробничий інвентар, наведено в таблиці 2.9

Таблиця 2.9 - Технологічне обладнання і виробничий інвентар

Назва обладнання	кількість	марка	Потужність, кВт	Габаритні розміри, мм	Площа, м ²
Шліцефрезерний верстат	2	6520К	14	2335×2440	5,7
Шафа інструментальна	7	СМ371.20	-	630×350	0,22
Стелаж інструментальний	6	СМ3723.17	-	2050×555	1,14
Круглошліфувальний півавтомат	2	3У131М	30	5620×2585	14,53
Стелаж для вимірювального інструмента	2	СМ3723.17	-	2050×555	1,14
Прибор для перевірки виробів на биття в центрах	1	ПБМ-500	-	940×347	0,326

	Токарно– гвинторізний верстат	2	1М63	16	4950×179 0	8,86
	Наплавочний верстат	2	ПДПГ-300	20	2505×119 0	2,98
	Мийна машина	1	ОМ-3600	3	1895×120 0	2,27
0	Стелаж для техдокументації	1	СМ3723.1 7	-	2050×555	1,14
1	Підвісний електричний кран	1	2-17,4-15- 6-220/380	2,8		

Чисельність робітників визначають за формулою

$$C_p = T_p / \Phi_{\text{еф}} = 2231,9 / 1776 = 1,2 \quad (2.51)$$

прийнято $C_p = 2$ роб,

де: T_p – річний обсяг робіт; $\Phi_{\text{еф}}$ – ефективний річний фонд робітника,

$$\Phi_{\text{еф}} = 1776 \text{ г.}$$

Укрупнений розрахунок визначають за формулою

$$F_{\text{gin}} = f_p \times X_p = 15 \times 3 = 45 \text{ м}^2, \quad (2.52)$$

де: f_p – питома площа на одного робітника на зварювально–плавильної дільниці, $f_p = 15 \text{ м}^2$; X_p – кількість робітників, $X_p = 3$.

Розрахунок площі дільниці з використанням коефіцієнта приведення розраховують за формулою,

$$F_g = \sum f_b \times K_{\text{п}} = 78,536 \times 5 = 392,68 \text{ м}^2, \quad (2.53)$$

де: $\sum f_b$ – сумарна площа верстатів і допоміжного обладнання на підлоз; $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт проведення, який враховує прохід зварювально–плавильної дільниці, $K_{\text{п}} = 5$.

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.

3.1. Розробка конструкції пристрою на задану операцію.

Розрахуємо і сконструюємо складений токарний прохідний різець з пластиною твердого сплаву для чорнового точіння.

Головна складова сила різання $P_z = 8186,5 \text{ Н}$.

При умові, що $H = 1,6 \times B$, ширина прямокутного січення корпусу різця визначається за формулою

$$B = \sqrt[3]{\frac{6 \times P_z \times l}{2,56 \times \sigma_{i.d}}}, \quad (3.1)$$

де l - виліт різця, $l = 60 \text{ мм}$; $\sigma_{i.d}$ - допустиме напруження на згин, $\sigma_{i.d} = 200 \text{ МПа}$ [15].

$$B = \sqrt[3]{\frac{6 \times 8186,5 \times 60}{2,56 \times 200}} = 17,92 \text{ мм.}$$

Згідно з даними [9] приймаємо $B = 20 \text{ мм}$.

Користуючись приведеним співвідношенням, отримуємо,

$$H = 1,6 \times 20 = 32 \text{ мм.} \quad (3.2)$$

Згідно з даними [9] приймаємо $H = 32 \text{ мм}$.

Перевіримо міцність і жорсткість різця.

Максимальне навантаження, яке допускається міцністю різця,

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{B \times h^2 \times \sigma_{i.d}}{6 \times l} = \frac{20 \times 32^2 \times 200}{6 \times 60} = 11377,8 \text{ Н.} \quad (3.3)$$

Максимальне навантаження, яке допускається жорсткістю різця,

$$P_{z \text{ жорст}} = \frac{B \times h^2 \times \sigma_{i.d}}{6 \times l} = \frac{0,1 \times 2 \times 10^5 \times 20 \times 32^3}{4 \times 60^3} = 15170,37 \text{ Н.} \quad (3.4)$$

Різець має достатню міцність і жорсткість, так як,

$$P_{z \text{ доп}} \geq P_z \leq P_{z \text{ жорст}} \quad (11377,8 \geq 8186,5 \leq 15170,37). \quad (3/5)$$

Конструктивні розміри різця приймаємо за СТ СЕВ 190- 75.

3.2 Розрахунок вимірювального інструменту.

Спроекуємо і розрахуємо калібр-кільце для контролю $\varnothing 62$, $m - 2,75$, з центруванням по боковим поверхнях шліців з посадкою $b = 6f8 \begin{pmatrix} -0,010 \\ -0,028 \end{pmatrix}$, на кресленні показано.

За [16, с.176] знаходимо дані для розрахунку: $Z_{1b} = 10$ мкм; $H_{1b} = 4$ мкм; $Y_{1b} = 12,5$ мкм; $H_b = 5$ мкм. Z_{1b} – відстань від середини поля допуску до відповідного найбільшого граничного розміру вала; H_{1b} – допуски по ширині шліца калібру кільця; Y_{1b} – допустимі виходи розміру зношеного калібру за границю поля допуску виробу. H_b – нагромаджена похибка кроку.

Будуємо схему розташування полів допусків показано на рисунку 3.1.

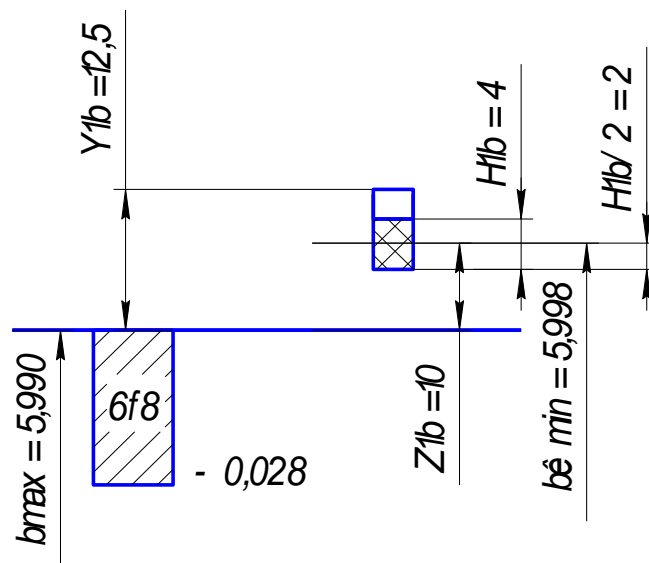


Рисунок 3.1 - Схема розташування полів допусків.

Визначаємо найбільший граничний розмір товщини шліца шліцевого вала (мм), $b_{\max} = 5,990$.

Визначаємо найменший граничний розмір товщини шліца шліцевого вала (мм), $b_{\min} = b_{\max} + Z_{1b} - H_{1b}/2 = 5,99 + 0,01 - 0,004/2 = 5,998$; $b_{\min} = 5,998^{+0,004}$ мм.

3.3. Пристрій для контролю параметрів якості шліцевого вала.

Для контролю геометричних параметрів поверхонь шліцевого вала використовують, калібр–кільце, який контролює прохідну границю розмірів, суму відхилень e_s по товщині s зубів шліцевого вала. Для контролю радіального биття використовують, пристрій радіального контролю биття,. Використовують також багатообертовий індикатор, тип 2 МИГ з похибкою вимірювання на радіальне биття не більше 0,002 мм.

3.4. Контроль макроструктури, мікроструктури, твердості відновленої поверхні шліців.

З допомогою металографічного контролю виявляють структуру металу. Металографічні випробовування в загальному випадку передбачають вивчення мікро- і макроструктури металу шва і біля шовної зони. Зразки для металографічного випробовування вирізають поперек шва, потім площини розрізу підлягають механічній обробці: шліфування, полірування, травленню.

Оскільки травлення металу шва, зони термічного впливу і основного металу нерівномірне (деякі ділянки травлення сильніше, інші слабші), цей метод травлення допомагає чітко визначити контури основного металу і наплавленого металу шва, величину зони термічного впливу, виявити неоднорідність структури, характер кристалізації наплавочної ванни, ліквіацію (нерівномірне розподіл сумішей) і також, дефекти зварювального шва, які попали в площину шліфа. Зразки досліджуються під мікроскопом і з допомогою лупи.

Зразки для контролю структури виготовляють з допомогою механічної обробки, абразивним інструментом, а також газовим різанням при умові, що припуски на обробку будуть достатніми для запобігання структурних змін в металі, зумовлених нагрівом.

Мікроструктурний аналіз і визначення мікротвердості покриття показують, що майже всі застосовані покриття мають гетерогенний характер структури. В

силу відповідності неоднорідності неоднозначними являються покриття і по чистоті, що видно із даних, приведених в таблиці 4.1 [17, с.589]. Покриття з високим значенням мікротвердості і чистотою поверхні являються найбільш зносостійкими. Параметри границі витривалості показано в таблиці 4.2 [17, с.594].

Вимірювання твердості сприяє швидкому і простому способу судити про його властивості без руйнування виробу, яке отримало широке застосування для контролю якості металу в виробах і деталях.

Визначення твердості по Роквеллу. Суть методу полягає у вдавлюванні конічного алмазного наконечника з кутом при вершині 120° (шкала С). У випробувальний зразок (виріб) під дією послідовного прикладування навантажень: попереднього F_0 Н (кгс) і основного F_1 Н (кгс) із подальшим вимірюванням кінцевих збільшень (e) глибини проникнення наконечника після зняття основного навантаження, і зберігання попереднього навантаження.

Під навантаженням F_0 індикатор пристрою вдавлюється в виріб на глибину h . Потім на випробувальний зразок подається повне навантаження $F = F_0 + F_1$ і глибина заглиблення наконечника зростає. Після зняття основного навантаження F_1 при цьому пристрій показує величину твердості по Роквеллу (шкала HRC). Чим менша глибина проникнення наконечника h , тим вища твердість випробувального матеріалу.

При використанні алмазного конуса – по шкалі С - $F_0 = 100$ Н (кгс), $F_1 = 1373$ і $F = 1471$. число твердості визначається за формулою $HRC = 100 - e$, де $e = (h - h_0)/0,002$ мм (0,002 мм – ціна ділення шкали індикатора пристрою для випробування твердості по Роквеллу). Одиниця твердості по Роквеллу – безрозмірна величина, відповідає осьовому переміщенню індикатора на 0,002 мм.

Таблиця 3.1 - Структура, мікротвердість матеріалу деталі і чистота поверхні покриття

Матеріал	Структура	Мікротвердість N_{μ}^{100}	Чистота поверхні
----------	-----------	--------------------------------	------------------

Продовження таблиці 3.1

		кГ/мм ²	Мн/м ²	H _{ср} , МК	Клас чистоти по
Наплавлення у вуглекислому газі	мартенсит	456	4560	7,5	6
Макроструктура наплавленого матеріалу					
Матеріал		Структура		Мікротвердість, HRC	
Наплавлення у вуглекислому газі		Сорбітоподібний		48...50	

Таблиця 3.2 - Границя витривалість наплавленого матеріалу.

Матеріал	Границя витривалості		Коефіцієнт витривалості, $\beta = \sigma_{-1n} / \sigma_{-1}$
	кГс/мм ²	Мн/м ²	
Наплавлення у вуглекислому газі	18	180	0,75

Пониження границі витривалості під впливом всіх видів наплавлення виникає у зв'язку з появою внутрішніх напруг, а також структурної неоднорідності наплавленого матеріалу, особливо по границі наплавлення з основним матеріалом. Наплавлення під вуглекислим газом забезпечує меншу швидкість нагріву і краще охолодження наплавленого матеріалу. При цьому зниження границі витривалості наплавлення майже однакові.

Підвищення мікротвердості покриття виникає завдяки зміцненню поверхневих шарів металу в результаті наклепу. Більш значне підвищення мікротвердості (наклеп), пояснюється підвищенням вмістом марганцю в покритті. Дані наведено в таблиці 4.3 [17, с.592].

Таблиця 3.3 - Мікротвердість покриття до і після припрацювання.

Матеріал	Мікротвердість N^{100}_{μ}				зміни
	До припрацювання		Після припрацювання		
	кГ/мм ²	Мн/м ²	кГ/мм ²	Мн/м ²	
Наплавлення у вуглекислому газі	456	4560	485	4850	+29

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Дослідження процесу тертя та визначення параметрів моделей зношування

Методи експериментального дослідження, як правило стендові випробовування, являються прискореними і при їх проведенні необхідну інформацію про надійність виробу отримують в більш короткі терміни, ніж при експлуатаційних випробовуваннях.

Лабораторні випробовування на інтенсивність зношування, з визначенням основних параметрів моделей зношування проводилися в лабораторії трибологічних досліджень кафедри автомобілів Тернопільського національного технічного університету. Вибрано два матеріали для випробовування на зносостійкість:

- 1 – зразки наплавленні електродами марки ОЗН-400У;
- 2 – зразки наплавленні під вуглекислим газом.

Випробовування на зносостійкість даних зразків проводили за схемою перехресних циліндрів.

Випробовування на зносостійкість зразків наплавлених електродами ОЗН-400У проводилися при наступних силових та кінематичних параметрах.

- частота обертання робочого вала $n = 600$ об/хв;
- діаметр контртіла $d_v = 120$ мм;
- швидкість ковзання вала по втулці $V = 0,5$ м/с;
- діаметр зразка $d = 60$ мм;
- загальне навантаження на контакт $Q = 0,300$ кг.

Під час випробовувань, через визначений проміжок часу, по заданому шляху тертя S , вимірялися розміри осей еліптичної плями контакту, які позначаються $2a^*$ і $2b^*$ (рисунок 4.1).

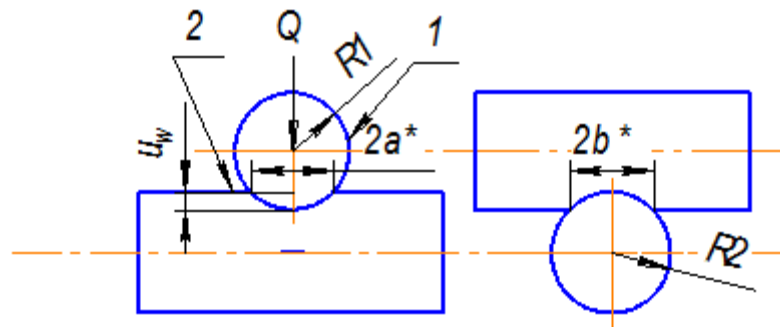


Рисунок 4.1 – Схема контакту перехресних циліндрів

1 – зразок (випробний матеріал), нерухомий

2 – контр тіло

Еквівалентний радіус кола визначався за співвідношенням:

$$a = (a \ b \)^{1/2} \quad (4.1)$$

Визначення параметрів моделей зношування проводиться за методикою [18, с. 42, таблиця 5.1].

Для визначення параметрів апроксимації експериментальної кривої використовується метод найменших квадратів. Основні співвідношення методу для визначення параметрів степеневі апроксимації приведені в [18].

Приведемо ці співвідношення:

$$a(s) = cs^\beta \quad (4.2)$$

або

$$y = b_0 + b_1 x, \quad (4.3)$$

де:

$$y = \lg a, \ x = \lg s, \ b_0 = \lg c, \ b_1 = \beta; \quad (4.4)$$

$$b_0 = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum xy \sum x}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (4.5)$$

$$c = 10^{b_0} \quad (4.6)$$

$$b_1 = \beta = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (4.7)$$

$$R = \frac{R1 \times R2}{R1 + R2} = \frac{60 \times 120}{60 + 120} = 40 \text{ мм} \quad (4.8)$$

Результати випробовувань і обробка їх МНК для наплавлених зразків електродами ОЗН-400У наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Результати випробовувань і обробка їх МНК для наплавлених зразків електродами ОЗН-400У.

№ П/П	$S \times 10^3$, мм	a, мм	τ , хв	$2a^*$	$2b^*$	$y = \lg a$	$x = \lg S$	xy	x^2
1	565200	0,7677	5	2,751	0,857	-0,1148	5,752	-0,66	33,085
2	1130400	0,8896	10	3,201	0,989	-0,0508	6,053	-0,307	36,64
Σ						-0,1656	11,805	-0,967	69,725

Примітка: $S_5 \text{ хв} = \pi \times d \times n \times \tau = 3,14 \times 60 \times 600 \times 5 = 565200 \text{ мм} = 5652 \text{ м} = 5,652 \text{ км}$

$S_{10 \text{ хв}} = \pi \times d \times n \times \tau = 3,14 \times 60 \times 600 \times 10 = 1130400 \text{ мм} = 11304 \text{ м} = 11,304 \text{ км}$

Визначення параметрів степеневі апроксимації β , c.

За формулою (4.5) з врахуванням даних таблиці 4.1, знаходимо:

$$\beta = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{2 \times (-0,967) - 11,805 \times (-0,1656)}{2 \times 69,725 - (11,805)^2} = \frac{0,021}{0,092} = 0,228.$$

За залежністю (4.5) маємо:

$$b_0 = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum xy \sum x}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{(-0,1656) \times 69,725 - (-0,967) \times 11,805}{0,092} = -1,424$$

$$c = 0,0377.$$

Параметри моделі зношування визначаємо за формулами (4.8) і (4.9) [18, с. 42, таблиця 2.1].

$$m = \frac{1 - 2\beta}{2\beta} = \frac{1 - 2 \times (-0,228)}{0,456} = 1,193 \quad (4.9)$$

$$k_w = \frac{c^{2m+2}\beta}{\left(\frac{Q}{\pi}\right)^m \times R} = \frac{0,0377^{4,386} \times 0,228}{(0,300/3,14)^{1,193} \times 40} = 42 \times 10^{-9} \text{ мм}^2 / \text{кг}. \quad (4.10)$$

Залежність інтенсивності зношування зразка від тиску має вигляд:

$$I (\text{ЦС-1}) = 42 \times 10^{-9} \times \sigma^{1,193}. \quad (4.11)$$

Чисельні значення цієї функції приведені в таблиці 5.1 і на рисунку 5.2.

Випробування на знос зразків, з наплавленням у вуглекислому газі, проводилися за умовами та методикою, що і при випробовуванні зразків наплавлених електродами ОЗН-400У. Результати випробовувань представлені в табл. 4.2 і на рис. 4.2.

При визначенні параметрів апроксимації експериментальної кривої (1) також використаний метод найменших квадратів, результати розрахунків представлені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2. Результати випробувань і обробка їх МНК для валу наплавленого у вуглекислому газі.

№ П/П	$S \times 10^3$, мм	a, мм	τ , хв	$2a^*$	$2b^*$	$y = \lg a$	$x = \lg S$	xy	x^2
1	565200	0,7934	5	2,761	0,912	-0,1	5,752	-0,5752	33,085
2	1130400	0,9161	10	3,256	1,031	-0,038	6,053	-0,307	36,64
Σ						-0,138	11,805	-0,967	69,725

Примітка: $S_5 \text{ хв} = \pi \times d \times n \times \tau = 3,14 \times 60 \times 600 \times 5 = 565200 \text{ мм} = 5652 \text{ м} = 5,652 \text{ км}$

$S_{10 \text{ хв}} = \pi \times d \times n \times \tau = 3,14 \times 60 \times 600 \times 10 = 1130400 \text{ мм} = 11304 \text{ м} = 11,304 \text{ км}$

Виконуючи розрахунок параметра β апроксимації, маємо:

$$\beta = \frac{2 \times (-0,805) - 11,805 \times (-0,138)}{2 \times 69,725 - 11,805^2} = \frac{0,01909}{0,091975} = 0,207$$

Другий параметр апроксимації за (4):

$$b_0 = \frac{(-0,138) \times 69,725 - (-0,805) \times 11,805}{0,091975} = -1,294,$$

$$c = 10^{-1,294} = 0,0508.$$

Параметри m і k_w моделі зношування визначаємо за формулою (4.8) і (4.9) [18, с. 42, таблиця 2.1]:

$$m = \frac{1 - 2\beta}{2\beta} = \frac{1 - 2 \times 0,207}{0,414} = 1,415$$

$$k_w = \frac{c^{2m+2}\beta}{\left(\frac{Q}{\pi}\right)^m \times R} = \frac{0,0508^{4,83} \times 0,207}{(0,300/3,14)^{1,415} \times 40} = 48 \times 10^{-9} \text{ мм}^2 / \text{кг}.$$

Залежність інтенсивності зношування від тиску для матеріалу має вигляд:

$$I \text{ (наплавлення у вуглекислому газі)} = 48 \times 10^{-9} \times \sigma^{1,415}$$

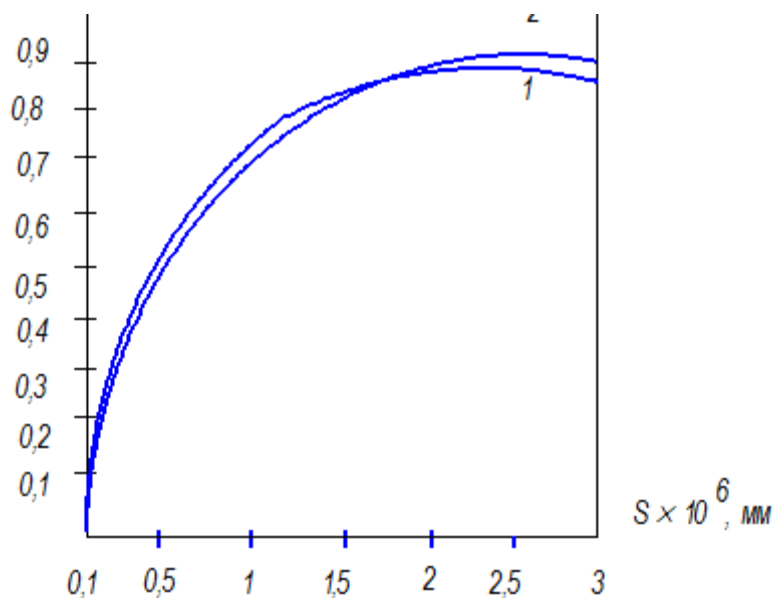


Рисунок 4.2 – Результати випробувань

1 наплавка електродами ОЗН-400У

Порівняння матеріалів за параметрами інтенсивності зношуванням.

Для порівняння матеріалів одержимо чисельне значення для значень σ (таблиця 4.3).

Таблиця 4.3. Порівняння інтенсивності зношування матеріалів

σ , кг/мм ²	I (ОЗН-400У) \times 10^{-9}	I (наплавлення у вуглекислому газі) $\times 10^{-9}$	$\frac{I(\text{Нп} - 50\text{ХФА} + \text{CO}_2)}{I(\text{ОЗН} - 400\text{У})}$
1	42	48	1,14

Об'єктивне порівняння матеріалів за зношуванням в заданому діапазоні тисків, при наявності параметрів k_w , m моделі усталеного зношування:

$$\frac{du_w}{dS} = k_w \sigma^m. \quad (4.12)$$

Порівняння проводиться при деякому фіксованому тиску,

$$\sigma_c = \frac{Q}{2ab}, \quad (4.13)$$

обраному в заданому діапазоні.

$$\sigma_c = \frac{Q_1}{2a_1b_1} = \frac{0,3}{2 \times 1,6005 \times 0,4945} = 0,19 \text{ кг/мм},$$

$$\sigma_c = \frac{Q_2}{2a_2b_2} = \frac{0,3}{2 \times 1,628 \times 0,5155} = 0,1787 \text{ кг/мм},$$

Знос, що відповідає цьому тиску, визначається за залежністю:

$$u_w = k_w \sigma_c^{m_1} S_c. \quad (4.14)$$

Порівняння проводиться при деякому фіксованому шляху тертя $S = S_c$.

Порівняємо два матеріали з параметрами моделей k_{w1}, m_1 і k_{w2}, m_2 .

Запишемо формулу для визначення величини зносу кожного матеріалу:

$$u_{w1} = k_{w1} \sigma_c^{m_1} S_c = 42 \times 10^{-9} \times 0,19^{1,193} \times 1130400 = 65 \times 10^{-4} \text{ мм},$$

$$u_{w2} = k_{w2} \sigma_c^{m_2} S_c = 48 \times 10^{-9} \times 0,1787^{1,415} \times 1130400 = 47,5 \times 10^{-4} \text{ мм},$$

Із відношення цих величин, одержуємо порівняльний критерій величини зносу:

$$\frac{u_{w1}}{u_{w2}} = \frac{\sigma_c^{m_1}}{\sigma_c^{m_2}} = \frac{65 \times 10^{-4}}{47,5 \times 10^{-4}} = 1,368 \quad (4.15)$$

За цим співвідношенням оцінюють зносостійкість того або іншого матеріалу.

Визначаємо знос шліцевого вала для різних наплавлених матеріалів

1. Визначаємо силове навантаження.

$$Q = 2M/DN_{\text{шл}} = 2 \times 1500/62 \times 22 = 2,2 \text{ кг/мм}, \quad (4.16)$$

де: M – крутний момент, $M = 1500$ Нм; D – діаметр шліцевого вала, $D = 62$ мм;

$N_{\text{шл}}$ – кількість шліців, $N_{\text{шл}} = 22$.

2. Визначаємо величину контактного тиску.

$$\sigma = Q/F = 2,2/12672 = 0,000174 \text{ кг/мм}^2, \quad (4.17)$$

де: F – площа шліців, $F = n \times l \times k = 8 \times 72 \times 22 = 12672$ мм², l – довжина шліців, $l = 72$ мм; n – висота шліців; k – кількість шліців, $k = 22$.

3. Визначення шлях тертя.

$$S = N \times l = 100000 \times 72 = 7200000 \text{ мм}, \quad (4.18)$$

- Визначаємо кількість циклів за 1000 км.

$$N = A/a = 1000/0,01 = 100000, \quad (4.19)$$

де: А – 1000 км/пробігу; а – числове значення випадковості нерівності дороги, через кожних 10 м дорога нерівна.

4. Визначення зносу шліцевого вала

- визначаємо величину зносу шліцевого вала при наплавленні у вуглекислому газі, за формулою (4.14).

$$U_{W1} = k_W \times \sigma^m \times S = 107 \times 10^{-9} \times 0,00174^{1,415} \times 7200000 = 369 \times 10^{-8} \text{ мм}.$$

- визначаємо величину зносу шліцевого вала при наплавленні ОЗН-400У.

$$U_{W2} = k_W \times \sigma^m \times S = 71 \times 10^{-9} \times 0,00174^{1,193} \times 7200000 = 16732 \times 10^{-9} \text{ мм}.$$

- визначаємо зносостійкість двох різних наплавлених матеріалів, за формулою (4.15)

$$n = U_{W1}/U_{W2} = 369 \times 10^{-8}/16732 \times 10^{-9} = 0,22,$$

тобто зносостійкість шліцевого вала наплавленого у вуглекислому газі в 0,22 ураза вище за зносостійкість шліцевого вала наплавленого електродами ОЗН-400У, $U_{W1} > U_{W2}$.

4.2. Розрахунки вузла тертя на зносостійкість. Оцінка ефективності способів підвищення зносостійкості.

Розрахунок вузла на знос [літ. 19, с. 98] виконують за умовою

$$\sigma_{cm} = 2T / (zhd_{cp} l) \leq [\sigma_{cm}]_{зн} \quad (4.20)$$

$$\sigma_{cm} = 2 \times 150 / (22 \times 8 \times 57,2 \times 72) \leq 443 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{cm} = 413 \text{ МПа} \leq 443 \text{ МПа}$$

де $[\sigma_{cm}]_{зн}$ – допустимі напруги по зносу;

$$[\sigma_{cm}]_{зн} = [\sigma_{cm}]_{ум} / (K_3 \times K_{пр} \times K_H \times K_{Ц} \times K_c \times K_{oc}), \quad (4.21)$$

$$[\sigma_{cm}]_{зн} = 205 / (1 \times 1,7 \times 0,63 \times 0,144 \times 1 \times 3) = 443 \text{ МПа},$$

де $[\sigma_{\text{см}}]_{\text{ум}} = 205$ МПа – допустимий умовний тиск і постійний; $K_3 = 1$ – коефіцієнт нерівномірності навантажень і різного ковзання на шліцах при розрахунках на знос [19, с. 97, тб. 6.2]; $K_{\text{пр}}$ – коефіцієнт поздовжньої концентрації навантажень, $K_{\text{пр}} = 2,06$, [19, с. 97]; $K_{\text{н}} = 0,63$ – коефіцієнт змінності навантажень [19, с. 98, тб. 6.4]; $K_{\text{ц}}$ – коефіцієнт числа циклів мікрозсувів в з'єднанні за повний термін служби, сумарного числа оборотів N відносно вектора поперечного навантаження F ,

$$K_{\text{ц}} = \sqrt[3]{N/10^8} = \sqrt[3]{3000000/10^8} = 0,144 \quad (4.22)$$

$$N = 60 \text{ tn} = 60 \times 10 \times 5000 = 3000000 \quad (4.23)$$

де N – число циклів, t – термін служби; n – частота обертання, хв.^{-1} ; K_c – коефіцієнт умов мащення з'єднання; $K_c = 0,7$ – мащення без забруднення, $K_c = 1$ – середнє мащення, $K_c = 1,4$ – мащення з забрудненням; $K_{\text{ос}}$ – коефіцієнт осьової рухливості в з'єднанні; $K_{\text{ос}} = 3$ – рухливої під навантаження.

Умова міцності зберігається. Можна дещо зменшити довжину l з'єднання наприклад в $[\sigma_{\text{см}}]_{\text{зн}}/\sigma_{\text{см}} = 443/413 = 1,07$ раз і прийняти $l \approx 77$ мм. Відмітимо, що в цьому випадку основним критерієм надійності являється не процес зминання поверхні, а інтенсивність її зношення.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Розрахунок заземлювача.

Для виконання розрахунків та конструктивного оформлення заземлення приймаємо необхідні данні:

Питомий опір ґрунту в досліджуваному районі, Ом · м: $\rho = 117$;

Заземлюючі стержні-електроди з сталі діаметром, мм: $d = 30$;

Довжина заземлюючих стержнів-електродів, м: $l = 2$;

Ширина з'єднувальної полоси, м: $B = 0,05$;

Відношення віддалі між заземлювачами до їх довжини: $L/l = 3$;

Спосіб розміщення вертикальних електродів: в ряд.

Віддаль від поверхні землі до верхнього краю вертикальних електродів, м: $h = 0,6$.

Визначаємо необхідну кількість вертикальних електродів, для виконання заземлюючого пристрою, та його опір.

Знайдемо відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача (рис. 6.1),

$$t = h + \frac{l}{2}, \quad (5.1)$$

$$t = 0.6 + \frac{2}{2} = 1.6(\text{м}).$$

де h – відстань від поверхні землі до верхівки вертикального заземлювача $h = 0,6$ м.;

l – довжина вертикального заземлювача $l = 2$ м.

Підставляючи в формулу числові значення величин отримаємо:

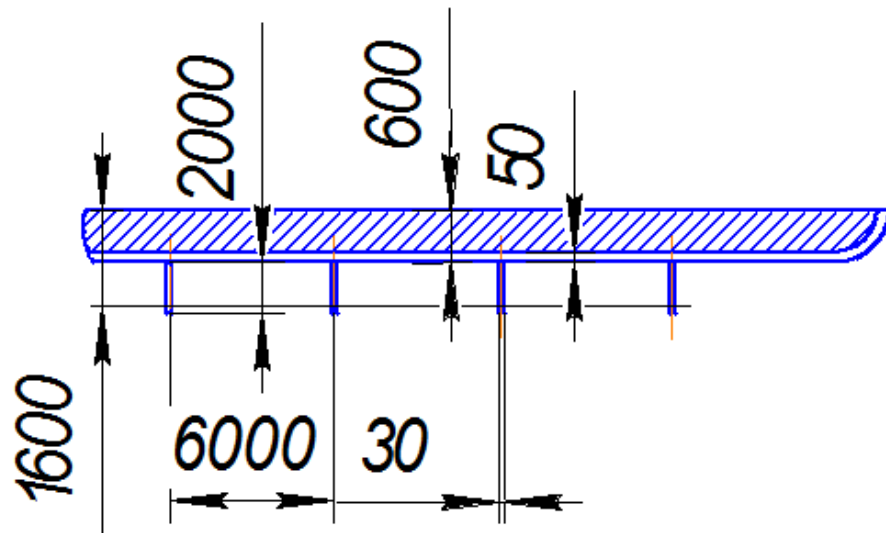


Рисунок 5.1 – Схема спроектованого заземлюючого пристрою

Опір одиночного вертикального заземлювача розраховується по формулі:

$$R_{\text{од.ст.}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + 1}{4 \cdot t - 1} \right), \quad (5.2)$$

де d – діаметр сталеві труби, яка застосовується у якості вертикальних електродів $d = 0,03$ м.

Отже:

$$R_{\text{од.ст.}} = \frac{117}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \left(\ln \frac{2 \cdot 2}{0,03} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,6 + 2}{4 \cdot 1,6 - 2} \right) = 54,47 (\text{Ом} \cdot \text{м}). \quad (6.3)$$

Теоретична кількість вертикальних електродів, без урахування коефіцієнта використання, визначається за формулою:

$$n_t = \frac{R_{\text{од.ст.}}}{K_d}, \quad (5.4)$$

де R_d – допустимий опір заземлювального пристрою, взятий у відповідності з ПУЕ для електричних сіток зі струмом живлення до 1000 В – 4 Ом.

Звідки

$$n_t = \frac{54,47}{4} = 13,61 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n = 14$ (шт.).

По таблиці коефіцієнтів використання вертикальних електродів, так як $L/l = 3$ та розміщенню електродів в ряд $\eta_B = 0,78$.

Визначимо потрібну кількість вертикальних електродів з урахуванням коефіцієнта використання за формулою:

$$n_n = \frac{R_{\text{од.ст.}}}{K_d \cdot \eta_B}, \quad (5.5)$$

$$n_n = \frac{54,47}{4 \cdot 0,78} = 17,46 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n_n = 18$ шт, так як $L/l = 3$ то $L = 6$ м.

Визначимо довжину з'єднувальної полоси вертикальних електродів за формулою:

$$L_n = 1,05 \cdot L \cdot n_n, \quad (5.6)$$

$$L_n = 1,05 \cdot 6 \cdot 18 = 113,4 \text{ (м).}$$

Визначаємо опір розтікання струму з'єднувальної полоси:

$$R_n = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L_n} \cdot \ln \frac{2 \cdot L_n^2}{B \cdot t}, \quad (5.7)$$

де B – ширина з'єднувальної полоси $B = 0,03$ м.

Отже

$$R_n = \frac{117}{2 \cdot 3,14 \cdot 113,4} \cdot \ln \frac{2 \cdot 113,4^2}{0,03 \cdot 1,6} = 2,167 \text{ (Ом)}$$

За таблицею [13. Д. 22. с. 33] $\eta_\Gamma = 0,75$.

Визначимо загальний опір заземлюваної системи по формулі:

$$R_{\text{заг}} = \frac{R_{\text{од.ст.}} \cdot R_n}{R_{\text{од.ст.}} \cdot \eta_\Gamma + R_n \cdot n_n \cdot \eta_B}, \quad (5.8)$$

$$R_{\text{заг}} = \frac{54,47 \cdot 2,167}{54,47 \cdot 0,75 + 2,167 \cdot 18 \cdot 0,78} = 1,656 \text{ (Ом).}$$

В зв'язку з тим, що опір заземлення складає величину набагато меншу ніж допустиму та з метою економії матеріалів приймаємо зменшену кількість електродів $n_n = 14$ шт.

Визначимо довжину з'єднувальної полоси вертикальних електродів за формулою:

$$L_n = 1,05 \cdot 6 \cdot 14 = 88,2 \text{ (м)}.$$

Визначаємо опір розтікання струму з'єднувальної полоси:

$$R_n = \frac{117}{2 \cdot 3,14 \cdot 88,2} \cdot \ln \frac{2 \cdot 88,2^2}{0,03 \cdot 1,6} = 2,68 \text{ (Ом)}.$$

$$\eta_{\Gamma} = 0,82.$$

Визначимо загальний опір заземлюваної системи за формулою:

$$R_{\text{заг}} = \frac{54,47 \cdot 2,68}{54,47 \cdot 0,82 + 2,68 \cdot 14 \cdot 0,78} = 1,97 \text{ (Ом)}.$$

Так як $R_{\text{заг}} < R_{\text{д}}$ то розрахунок необхідної кількості вертикальних електродів задовольняє вимогам ПУЕ, де $R_{\text{д}} = 4 \text{ Ом}$.

5.2. Розрахунок бічного природного освітлення.

Завдання: необхідно розрахувати систему природного верхнього освітлення для механічно-наплавочної дільниці.

Розряд зорової роботи - Пв.

Вихідні дані такі:

- призначення приміщення – механічна обробка деталі;
- розміри приміщення: $A = 48 \text{ м}$, $B = 18 \text{ м}$, $H = 4 \text{ м}$;
- вид природного освітлення – природне, верхнє.

Знаходимо площу світлових прорізів ліхтарів:

$$S_{\Phi} = \frac{S_{\text{пр}} \cdot e_{\text{н}} \cdot K_3 \cdot \eta_0 \cdot K_{\text{буд}}}{\tau_0 \cdot r_1 \cdot 100}, \quad (5.9)$$

де $S_{\text{пр}}$ – площа приміщення $S_{\text{пр}} = A \times B$; $e_{\text{н}}$ – нормоване значення КПО:

$$e_{\text{н}} = E_{\text{н}}^{\text{III}} \cdot m \cdot c, \quad (5.10)$$

де E_H^{III} - нормоване значення КПО для споруд, що розташовані у III поясі світлового клімату, $E_H^{III} = 2,5\%$; m – загальний коефіцієнт світлового клімату, розташованого у IV поясі світлового клімату, для якого, $m = 0,9$; c – коефіцієнт сонячності клімату, $c = 0,85$;

Знаходимо нормоване значення КПО:

$$E_H = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 1,9\%.$$

K_3 – коефіцієнт запасу, $K_3 = 1,3$;

η_0 – світлова характеристика вікон, $\eta_0 = 11$;

$K_{б\text{уд}}$ – коефіцієнт, який враховує затінення вікон протилежним будинком, $K_{б\text{уд}} = 1,1$;

τ_0 – загальний коефіцієнт світло пропускання:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (5.11)$$

τ_1 – коефіцієнт світло пропускання матеріалу, $\tau_1 = 0,9$;

τ_2 – коефіцієнт, який враховує втрати світла в рамах, $\tau_2 = 0,75$;

τ_3 – коефіцієнт, який враховує втрати світла в несучих конструкціях, $\tau_3 = 0,9$;

τ_4 – коефіцієнт, який враховує втрати світла в сонцезахисних пристроях, $\tau_4 = 1$;

τ_5 - коефіцієнт, який враховує втрати світла в захисній сітці, $\tau_5 = 1$;

Загальний коефіцієнт світло пропускання:

$$\tau_0 = 0,9 \cdot 0,75 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 = 0,6.$$

$\rho_{\text{сер}}$ – середньозважений коефіцієнт відбиття стін - ρ_c , стелі – $\rho_{\text{п}}$ і робочої поверхні - ρ_p :

$$\rho_{\text{сер}} = \frac{(\rho_{\text{п}} + \rho_p) \cdot S_{\text{ПР}} + \rho_c \cdot S_c}{2S_{\text{ПР}} + S_c}, \quad (5.12)$$

де $S_{\text{ПР}}$ – площа приміщення; S_c – площа стін.

$$\rho_{\text{сер}} = \frac{(0,5 + 0,1) \cdot 864 + 0,3 \cdot 264}{2 \cdot 864 + 264} = 0,3.$$

r_1 – коефіцієнт, який враховує підвищення КПО, $r_1 = 1,05$;

Знаходимо площу світлових прорізів:

$$S_{\Phi} = \frac{864 \cdot 1,9 \cdot 1,3 \cdot 11 \cdot 1,1}{0,6 \cdot 1,05 \cdot 100} = 410(\text{m}^2).$$

В приміщенні знаходяться 41 вікно розмірами 4 на 2,5.

Висновок: природне освітлення забезпечує можливість продуктивної праці робітників дільниці, дозволяє виконувати роботи високої точності на протязі світлового дня без застосування штучного освітлення, що значно економить витрати електроенергії, тим самим зменшуючи собівартість продукції.

5.3. Розрахунок штучного освітлення дільниці.

При недостатньому природному освітленні на дільниці для забезпечення нормальних умов роботи працівників обов'язково має бути спроектована система штучного освітлення за допомогою електричних ламп. Вона повинна складатись із системи загального освітлення для створення рівномірної освітленості дільниці, а також місцевих освітлювачів, що встановлюються на робочих місцях, які вимагають більшої ніж середня освітленості. Така система освітлення є економічно ефективною, так як дозволяє забезпечити необхідні значення освітленості робочих поверхонь диференційовано, в залежності від розряду виконуваних зорових робіт.

Спроектуємо систему загального рівномірного освітлення дільниці з допомогою високоефективних світильників з люмінесцентними лампами.

Вихідні дані:

- розміри дільниці – довжина $A = 48$ м. Ширина $B = 18$ м; висота $H = 4$ м.
- Коефіцієнти відбиття: стелі $\rho_{\text{п}} = 30\%$; стін $\rho_{\text{с}} = 10\%$; робочої поверхні $\rho_{\text{р}} = 10\%$;
- висота підвісу світильників над робочою поверхнею $H_{\text{р}} = 3,80$ м;
- розряд зорової роботи $\Pi_{\text{в}}$;
- тип світильників – ПВЛМ-ДО 2×80 .

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p(A + B)} = \frac{48 \cdot 18}{3,8(48 + 18)} = 3,445. \quad (5.13)$$

У відповідності з розрахунковим значенням i та коефіцієнтів відбиття $\rho_{\text{п}}$, $\rho_{\text{с}}$, $\rho_{\text{р}}$ для заданого світильника визначаємо величину коефіцієнта використання світлового потоку, $\eta = 0,45$.

Приймаємо лампи ЛБ 80-4, потужність лампи 80 Вт; розрахунковий світловий потік $\Phi = 4960$ лм.

Визначаємо необхідну кількість світильників:

$$N = \frac{E_{\text{н}} \cdot K_3 \cdot S \cdot z}{n \cdot \Phi \cdot \eta}, \quad (5.14)$$

де $E_{\text{н}}$ – нормоване значення освітленості, $E_{\text{н}} = 500$ лк; K_3 – коефіцієнт запасу, $K_3 = 1,5$; S – площа приміщення, $S = A \cdot B = 48 \cdot 18 = 864$ м²; z – коефіцієнт мінімальної освітленості при люмінесцентних лампах, $z = 1,1$; n – кількість ламп у світильнику, $n = 4$;

$$N = \frac{500 \cdot 1,5 \cdot 864 \cdot 1,1}{4 \cdot 4960 \cdot 0,45} = 79,84 \text{ шт.}$$

Приймаємо $N_{\Phi} = 80$ світильників із розрахунку $r = 4$ ряди по $t = 20$ штук в ряду.

Між осьова відстань між рядами складає:

$$MO_1 = B/r = 18000/4 = 4500 \text{ мм.} \quad (5.15)$$

Між осьова відстань між лампами в ряду складає:

$$MO_2 = A/t = 48000/20 = 2400 \text{ мм;} \quad (5.16)$$

Розміри світильника складають 1540×270 мм, що дає змогу вільно розмістити їх на стелі діляниці та забезпечити нормальне освітлення.

Визначаємо фактичну освітленість:

$$[E_{\text{min}}] = 0,9 E_{\text{н}} = 0,9 \cdot 500 = 450 \text{ лк – мінімальна освітленість;} \quad (5.17)$$

$$[E_{\text{max}}] = 1,2 E_{\text{н}} = 1,2 \cdot 500 = 600 \text{ лк – максимальна освітленість;} \quad (5.18)$$

$$E_{\Phi} = E_{\text{н}} \frac{N_{\Phi}}{N} = 500 \frac{80}{79,84} = 501 \text{ лк.} \quad (5.19)$$

$E_{\Phi} = 501$ лк – що допустимо.

Визначаємо питому потужність освітлювальної установки:

$$P_{\text{num}} = \frac{P_{\text{л}} \cdot N \cdot n}{S} = \frac{80 \cdot 80 \cdot 4}{864} \approx 30 \text{ Вт/м}^2 \quad (5.20)$$

Визначаємо потужність освітлювальної системи:

$$P = P_{\text{л}} \cdot n \cdot N_{\text{Ф}}, \quad (5.21)$$

$$P = 80 \cdot 4 \cdot 80 = 25600 \text{ Вт} = 25,6 \text{ кВт.}$$

Відповідно до потужності освітлювальної системи необхідно вибрати силовий трансформатор ТМ-250 потужністю 250 кВт.

Для уникнення стробоскопічного ефекту потрібно підключити світильники за схемою зміни фаз.

З метою раціонального використання електроенергії приймаємо до уваги, що кожний верстат обладнується світильником місцевого освітлення, а підвід електроенергії до світильників секціонується.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В магістерській роботі розглянуто конструктивні особливості, умови експлуатації шліцевих валів автомобіля ЗІЛ 130. Приведені: короткий опис схеми вузла де розташований шліцевий вал, цикл роботи даного вузла, проаналізовано результати експлуатаційних досліджень, систематизовано основні види відмов та кількісні показники надійності та довговічності даної деталі.

Проведено широкий огляд технічної та патентної літератури по тематиці трибологічної надійності важконавантажених пар тертя автомобілів. Проаналізовано умови роботи вузла, спряження деталей, які дозволили виявити основні причини виходу з ладу даних деталей. Аналіз технічних вимог на експлуатаційні характеристики робочих поверхонь шліцевих валів зумовив детальний аналіз основних методів обробки для їх забезпечення. Це зумовило вибір матеріалів шліцевих валів, технологічного обладнання та оснащення для реалізації процесів наплавлення, обґрунтування методів відновлення робочої поверхні.

Крім цього проведено аналітичний розрахунок та підбір табличних даних для припусків та допусків на оброблюючі поверхні, обґрунтовано вибір основних методів підготовки поверхні під технологічний процес відновлення, розраховано та вибрано основні елементи режимів механічної обробки, вибрано наплавочні матеріали та технологічні методи підвищення зносостійкост поверхонь шліців, технологічний процес обробки відновленої деталі. Проведено технічне нормування з визначенням основних складових норм часу технологічних операцій відновлення поверхні шліців. Підібрано необхідний різальний та вимірювальний інструменти, прилади для контролю параметрів точності та якості поверхонь шліців, а також структурного стану матеріалу шліцевого валу. Спроектовано виробничу ділянку по відновленню шліцевих валів.

Дослідження інтенсивності зношування відновлюваних поверхонь, в лабораторних умовах, проводились на спеціально сконструйованій машині тертя. Конструкція вузла тертя та механізм навантаження дозволила провести дослідження в широких діапазонах зміни силових та кінематичних параметрів, при їх плавній зміні. Одержано банк трибологічних даних по основних параметрах тертя та зношення для важконавантажених пар тертя. Об'єктивність одержаних даних підтвердженні подальшими експлуатаційними дослідженнями. Систематизовано основні фактори, які впливають на основні параметри надійності та довговічності шліцевих поверхонь. В сукупності це дозволило визначити основні параметри моделі процесів в зоні фрикційного контакту. Запропонована параметрична модель процесів трибологічних взаємодій для вибору оптимальних методів відновлення зношених поверхонь із забезпеченням необхідної надійності та довговічності.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Журавлев В.Н. Николаева О.И., “Машиностроительніе стали”. Справочник.
М., Машиностроение, 81. – 391с.
2. Ачкасов К.А. “Прогрессивные способы ремонта сельскохозяйственной техники”. М.: Колос, 84г.
3. Сапиро Л.С, “Справочник сварщика”. Д., Донбас, 84. – 189с.
4. Сидоров А.И, “Восстановлення деталей машин наплением и наплавкой”. М.: Машиностроение, 1978, 192 с.
5. Молодик Н. В., Зенин А. С. Восстановление деталей машин. Справочник.- М.: Машиностр., 1989. – 480 с.
6. В.Г. Геворкян, “Основы сварочного дела”. М., В. Ш., 84. – 166с.
7. Справочник технолога – машиностроителя, Т.2., Под ред. Косиловой А.Г. Мещерякова Р.К. М., Машиностроение, 1986.- 496 с.
8. Справочник технолога – машиностроителя, Т.1., Под ред. Косиловой А.Г. Мещерякова Р.К. М., Машиностроение, 1986.- 496 с.
9. Нефёдов Н.А., Осипов К.А., Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту, М., Машиностроение. 1990.- 448 с.
10. П.Н.ОРЛОВ, та інші.”Краткий справочник металлиста”. М.:Машиностроение,1986.-960с.
11. И.С. Добриднев. Курсовое проектирование по предмету “Технология машиностроение”. М., Машиностроение, 85. 184с.
12. Шадричев В. А. Ремонт автомобилей, М., Машиностроение, 1965.- 616с.
13. Горацевич А.Ф. Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения, Минск, Высшая школа, 1983.- 256с.
- 14 В.П. КРЮКОВ,та інші, “Ремонт дорожно-строительных машин и тракторов”. М.:В.Ш., 84-223с.
15. ИВАЩЕНКО Н.И. “Технологія ремонта автомобилей”. К.:В.Ш., 1977.- 360 С.

16. И. М. Белкин. Средства линейно–угловых измерений, М., «Машиностроение», 87г.368.
17. Т. С. Грозовского. Методи розрахунку двигунів внутрішнього згорання. М.: Машиностр., 81.-481с.
18. А.Г. Кузьменко. Методи розрахунків і випробовувань на зношування та надійність: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Хмельницький: ТУП, 2002. – 151 с.
19. Иванов М. Н. Детали машин. М.: Высш. шк., 1991 – 383 с.
20. Шебеко Л. П., Гитлевич А. Д. Экономика, организация и планирование свар очного производства: Учебник для учащихся машиностроительных техникумов. М.: машиностроение, 1986. – 264.
21. В.Ц. Житецький, В.С. Джигерей, О.В. Мельников. Основи охорони праці. Львів “Афіша” 2000р.
22. Карагодін “Ремонт автомобілів” М., В. Ш. 2000.
23. Карташов В. П. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий. М., Транспорт, 1981. 171 с.
24. Фастовцев Г. Ф. Современный автосервис. М., Знания, 1980. 64 с.
25. Напольский Г. М. Техническое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания автомобилей. – М., Транспорт, 1977. – 214 с.
26. Лудченко. А. А. Основы технического обслуживания автомобилей. М., В. Ш., 1987. 399 С.
27. Фастовцев Г. Ф. Автотехобслуживание. М., Машиностроение, 85. 256 с.
28. Ю. Паливода. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Ю. Паливода, А. Дячун, Р. Лещук. – Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет ім.І.Пуллюя, 2019. – 240с.

Таблиці. Операції механічної обробки при відновленні колінчастого валу

Найменування виробу			Найменування виробу			Номер деталі						
-			Шліцевий вал			-						
Найменування операції			Наплавлення			Номер операції			010			
Цех			Наплавочний верстат									
Механічно-наплавочний			У-651									
Деталь		Наплавлення				Вага, кг			4			
Матеріал		Сталь		Марка		Сталь 45		Твердість НВ 197				
Найменування пристрою, тип				Наплавочна головка А-580М								
Назва операції						Норма часу (в хв.) на операцію						
						T ₀	T _{B1}	T _{B2}	T _{B3}	α _{об} , %	α _{отл} , %	Tшт
1. Автоматична наплавлення під вуглекислим газом, по довжині шліців						27,40	1,32	3.1	0,24	4	5	35,05
2. Автоматична наплавлення під вуглекислим газом, по кругу шліців						0,31	1,32	3.1	0,24	4	5	5,53
Номер переходу	Найменування переходу	Найменування	Режими наплавлення ведуть при зворотній полярності									
			Діаметр в мм	Товщ. напл. шару в мм	Число проходів	Частота оберт. вала, с ⁻¹	Зміщення з зеніту, мм	Шаг наплавлення мм	Сила струму, А; та напруга дуги, В	Подача електродного дроту, м/год.	Швид. наплавлення, м/год.	Виліт електрода мм
1	Встановити в центрах 1. Наплавлення по довжині шліців 2. Наплавлення по кругу наплавлених шліців	Наплавочний дріт, Нп-50ХФА	54	8	22	-	-	$\frac{130}{20}$	75	16	16	1,2
2			62	1	1	0,0255	3	3	$\frac{130}{20}$	75	16	16
	Зняти деталь Контроль Скоба	Наглядна перевірка наявності дефекту. Ø63										
Склад		Нормував		Перевірів		Затвердив		Всього листів			Лист № 2	

Найменування виробу			Найменування виробу			Номер деталі								
-			Шліцевий вал			-								
Найменування операції			Токарно-гвинторізна			Номер операції			020					
Цех			Верстат			Охолодження								
Механічно-наплавочний			1М63			Емульсія								
Деталь		Після наплавлення				Вага, кг			4					
Матеріал		Сталь		Марка		Сталь 50ХФА		Твердість HRC 50						
Найменування пристрою					Центри									
Назва операції					Норма часу (в хв.) на операцію									
					T ₀	T _{У.З} +T _{З.К}	T _{КЕР}	T _{ВИМ}	T _{ОП}	T _{ОБ} +T _{ВІД}	T _{ШТ}	T _{П.З}	n	T _{Ш.К}
1. Точити начорно					0,23	0,08	0,11	0,14	0,56	0,0364	0,6	17	25	1,28
2. Точити начисто					0,23	0,08	0,11	0,14	0,56	0,0364	0,6	17	25	1,28
Номер переходу	Найменування переходу	Інструмент			Розрахункові данні			Режим		Час в хв.				
		Найменування та Індекс			Діаметр в мм	Довжина різання, мм $\frac{l_{р.з}}{l_{р.х}}$	Глибина різання в мм	Число проходів	Швидкість різання в мм/хв V _р /V _{пр}	Обороти в хв. ⁻¹	Подача $\frac{S_p}{S_{np}}$ мм/об.	Основний час		
1	Встановити в центрах 1 точити начорно 2 точити начисто Зняти деталь Контроль - точити начорно - точити начисто	Матеріал різальної частини пластина твердого сплаву T15K6 20×32×140			63	$\frac{72}{77,232}$	1	1	$\frac{111}{123}$	630	0,5	0,23		
2					62,21	$\frac{72}{77,232}$	0,232	1	$\frac{138}{123}$	630	0,5	0,23		
Склав		Нормував		Перевірив			Затвердив		Всього листів		Лист № 3			

Найменування виробу			Найменування виробу			Номер деталі							
-			Шліцевий вал			-							
Найменування операції			Зубофрезерний			Номер операції		030					
Цех			Верстат			Охолодження							
Механічно-наплавочний			6520K			Емульсія							
Деталь		Після чистової точіння				Вага, кг		4					
Матеріал		Сталь		Марка		Сталь 50ХФА		Твердість HRC 50					
Найменування пристрою					Центри								
Назва операції			Норма часу (в хв.) на операцію										
			T ₀	T _{у.з} +T _{з.о}	T _{кер}	T _{вим}	T _{оп}	T _{об} +T _{вд}	T _{шт}	T _{п.з}	n	T _{ш.к}	
1. Фрезувати начорно			36,53	0,08	0,11	0,14	36,86	1,106	38	17	25	38,68	
2. Фрезувати начисто			30,51	0,08	0,11	0,14	30,84	0,925	31,765	17	25	32,4	
Номер переходу	Найменування переходу	Інструмент				Розрахункові данні			Режим		Час в хв.		
		Найменування та Індекс				Діаметр в мм	Довжин а різання, мм $\frac{l_{р.з}}{l_{р.х}}$	Глибина різання в мм	Число проходів	Швидкість різання в мм/хв $V_p/V_{гр}$	Обороти в хв. ⁻¹	Подача $\frac{S_p}{S_{np}}$ мм/хв.	Основний час
1	Встановити в центрах 1 фрезувати начорно	70×22×10,5 z = 12, m = 2,75 Матеріал – модульна фреза з вставними ножами Т15К6. Фреза затилована, профіль зуба виконаний по евольвенті. На профілі зубів чорнового фрези роблять канавки для дроблення стружки; передній кут рівний 10 ⁰ , задній кут 10 ⁰ . У чистових фрез передній кут рівний нулю. Профіль фрези № 4 розрахований по впадин шліца шліцевого вала з числом шліців 22.				62 _{-0,19}	$\frac{72}{96,27}$	7,5	1	$\frac{8,77}{8,4}$	40	57,6	36,53
2	2 фрезувати начисто					62 _{-0,19}	$\frac{72}{96,27}$	0,5	1	$\frac{10,6}{8,4}$	40	24	30,51
Зняти деталь Контроль		Калібр-кільце b = 6f7 ^($\begin{smallmatrix} -0,010 \\ -0,028 \end{smallmatrix}$)											
Склав		Нормував		Перевірів		Затвердив		Всього листів		Лист № 3			

Найменування виробу				Найменування виробу				Номер деталі				
-				Шліцевий вал				-				
Найменування операції				Круглошліфувальний				Номер операції		040		
Цех				Верстат				Охолодження				
Механічно-наплавочний				3У131М				Емульсія				
Деталь		Після чистової фрезування						Вага, кг		4		
Матеріал		Сталь		Марка		Сталь 50ХФА		Твердість HRC 50				
Найменування пристрою						Центри						
Назва операції		Норма часу (в хв.) на операцію										
		T ₀	T _{у.з} +T _{з.о}	T _{кер}	T _{вим}	T _{оп}	T _{об} +T _{від}	T _{шт}	T _{п.з}	n	T _{ш.к}	
1.Шліфування шліців		3,38	0,08	0,11	0,14	2,25	0,05	2,30	17	25	3,38	
Номер переходу	Найменування переходу	Інструмент			Розрахункові данні				Режим		Час в хв.	
		Найменування та Індекс			Діаметр в мм	Довжина різання, мм $\frac{l_{p13}}{l_{p.x}}$	Глибина різання в мм	Число проходів	Швидкість різання в мм/хв V _p /V _{пр}	Обертання деталі в хв./об	Повздовжна подача деталі мм/об.	Основний час
1	Встановити в центрах 1 шліфування шліців Зняти деталь Контроль	ПП 350×60×127 34А 40 СМ2 5 К5 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424 – 83. Калібр-кільце $b = 6f8 \begin{pmatrix} -0,010 \\ -0,028 \end{pmatrix}$			62 _{-0,19}	$\frac{72}{96,27}$	0,105	1	$\frac{2932}{35}$	180	180	1,20
Склад		Нормував		Перевірів		Затвердив		Всього листів		Лист № 3		

