

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи бакалавра

Галузь знань – 13 Механічна інженерія


Спеціальність – 132 Матеріалознавство

Рівень вищої освіти – Перший бакалаврський

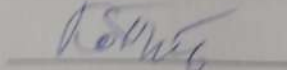
Освітньо-професійна програма – Відновлення та технічний сервіс автомобілів

на тему: «Створення технології ремонту шліцьової частини
карданного валу вантажного автомобіля»

Шифр: ДРМТВАТАМ 24.20180.000. ПЗ

Виконав студент 4 курсу, групи МТВА -20-1  Богдан ПОГОНЕЦЬ


Керівник роботи д.т.н., проф.

 Павло КАПЛУН

До захисту допускаю:

Зав. кафедри ТАМ

10 червня 2024 р.

 Олександр ДИХА

Хмельницький, 2024 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Галузь знань 13 – Механічна інженерія

Спеціальність – 132 Матеріалознавство

Рівень вищої освіти – Перший бакалаврський

Освітньо-професійна програма – Відновлення та технічний сервіс автомобілів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

проф., д.т.н. Диха О.В.

22 лютого 2024 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Погоню Богдану Миколайовичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема проекту (роботи) «Створення технології ремонту шліцьової частини карданного валу вантажного автомобіля»

керівник проекту (роботи) Калдун Павло Віталійович д.т.н., професор

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від 15 лютого 2024р. № 8 (Д 16)

2. Строк подання студентом проекту на кафедру 08 червня 2024 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали практики; робочі креслення досліджуваних деталей; технологічна документація по розробці обладнання, дефектації, складанню і регулюванню карданних передач; вимоги з охорони праці і безпеки роботи при виконанні ремонтних робіт.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз стану питання; 2. Вибір і обґрунтування методу для відновлення поверхні шліців; 3. Конструкторсько-технологічний процес; 4. Контроль якості; 5. Ефективність запропонованої технології

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на слайдах

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв


7. Дата видачі завдання ----

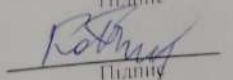
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Літературний огляд</i>	<i>15.05.2024</i>	
2	<i>Технологічний розділ</i>	<i>25.05. 2024</i>	
3	<i>Конструкторський розділ</i>	<i>30.05. 2024</i>	
4	<i>Оформлення розрахунково-пояснювальної записки</i>	<i>2.06. 2024</i>	
5	<i>Оформлення презентації бакалаврської роботи</i>	<i>5.06. 2024</i>	
6	<i>Нормоконтроль бакалаврської роботи</i>	<i>9.06. 2024</i>	
7	<i>Підписання розділів. Затвердження дати захисту</i>	<i>10.06. 2024</i>	

Студент

Керівник проекту (роботи)


Підпис

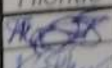
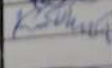


Підпис

Богдан ПОГОНЕЦЬ
Ініціали, прізвище

Павло КАПЛУН
Ініціали, прізвище

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 Визначення підходу, вибір устаткування, матеріалів і умов для ремонту поверхонь шліців карданного валу	8
1.1 Характеристика конструкції карданного валу, його функції та умови експлуатації.....	8
1.2 Аналіз технічних умов на відновлення поверхні деталі	12
1.3 Вибір і обґрунтування методу для відновлення поверхні шліців	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	19
2.1 Виконання обчислення припусків аналітичним методом	20
2.2 Методи та режим підготовки поверхонь шліців під відновлення	24
2.3 Вибір обладнання, режимів та розрахунок механічної обробки відновленої поверхні шліців за нормативами	28
2.4 Нормування операції відновлення поверхні	39
2.5. Нормування технологічного процесу механічної обробки відновленої поверхні шліців.....	41
3 КОНСТРУЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЦЕННЯ	48
3.1 Розробка операційного пристрою	48
3.2 Розрахунок вимірювального інструменту	49
4 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ	51
4.1 Перевірка макро- та мікроструктур, а також твердості відновленого шліцевого покриття.....	52
4.2 Оцінка впливу конструктивних рішень на ефективність	61
ВИСНОВОК.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТОВУВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63
ДОДАТКИ.....	65

ДРАТТАМ 24.20180.000 ПЗ					
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дат	
		Погонець			Лист
		Каплун			Арк
		Бабак			4
		Диха			Августів
					65
Створення технології ремонту цільової частини карданного валу вантажного автомобіля					ХНУ група МТВА 20-1

ВСТУП

Відновлення дороговартісних деталей автомобільного транспорту, таких як карданні вали, може бути доцільним з кількох причин:

1. Економія коштів: Заміна карданного валу на новий може бути досить дорогою. Відновлення може зменшити витрати, особливо якщо вал не має критичних пошкоджень, які вимагають повної заміни.

2. Екологічність: Відновлення старих деталей дозволяє зменшити обсяг відходів та потребу у виробництві нових компонентів, що сприяє збереженню ресурсів та зменшенню екологічного впливу.

3. Доступність запчастин: Для деяких старих або рідкісних моделей автомобілів нові карданні вали можуть бути не доступні, тому відновлення стає єдиним варіантом для відновлення робочого стану транспортного засобу.

4. Якість: Якщо відновлення виконано кваліфікованими фахівцями, якість відремонтованого карданного валу може бути порівнянною з новим. Важливо звернутися до надійної майстерні, де використовують якісні запчастини та обладнання.

5. Гарантії: Нерідко на відновлені деталі надається гарантія, що може додати додаткову впевненість у тривалості та надійності ремонту.

Втім, існують ситуації, коли відновлення може бути не найкращим рішенням. Якщо пошкодження дуже серйозні, або якщо відновлений компонент може не забезпечити достатньої надійності чи безпеки, краще розглянути можливість придбання нової деталі. Завжди корисно зважити вартість та потенційні ризики перед прийняттям рішення про ремонт чи відновлення.

Наукові та технічні досягнення сприяють виявленню нових, прогресивних методів для покращення відновлюваності машинних компонентів, таких як карданні вали автомобілів, що в результаті збільшує

									Арк.
									5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ				

зносостійкості, що сприяє точному прогнозуванню ресурсу вузлів тертя та покращенню загальної ефективності машин.

Ці аспекти вказують на важливість інтегрованого підходу до вирішення проблем зносостійкості та відновлення в автомобілебудуванні, який включає як теоретичний аналіз, так і практичні випробування для забезпечення довговічності та надійності автомобільних компонентів.

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Зносостійкість: Матеріал валу має бути стійким до зносу з метою забезпечення довгого терміну служби.

Корозійна стійкість: У деяких умовах, наприклад, в умовах високої вологості або при контакті з агресивними середовищами, карданний вал має бути стійким до корозії.

Карданний вал працює в умовах, які вимагають високої міцності, довговічності та здатності витримувати значні навантаження. Ось основні умови роботи карданного валу:

Рекомендовані марки сталі для виготовлення карданного валу

Залежно від конкретних умов експлуатації та технічних вимог, можуть бути рекомендовані різні марки сталі. Для виготовлення карданних валів зазвичай використовуються такі марки сталі:

– Сталь 45Г (С45-Е): Вуглецева сталь, яка забезпечує хорошу зносостійкість і міцність. Часто застосовується для деталей, які піддаються значним механічним навантаженням.

- Сталь 40Х (SAE 5140): Легована хромом сталь, яка має високу твердість і стійкість до втомних розривів, що робить її ідеальною для використання в умовах високих навантажень.

- Сталь 35ХМ (SAE 4135): Легована сталь із хромом і молібденом, що забезпечує ще кращу стійкість до ударних навантажень і втоми, корисна для важких експлуатаційних умов.

Ці матеріали забезпечують необхідну міцність та довговічність для ефективної роботи карданних валів в різноманітних умовах експлуатації.

Вибираємо сталь 45Г, що відповідно до ДСТУ 7809 має:

Таблиця 1.1. Хімічний склад сталі 45Г

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%

					ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ			Арк.
								10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Таблиця 1.2. Механічні властивості сталі 45Г після нормалізації

Температура, °С		Границя течучості	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/мм ² = 10 МПА; 1 кгс/см ² = 10 Дж /см ² .							

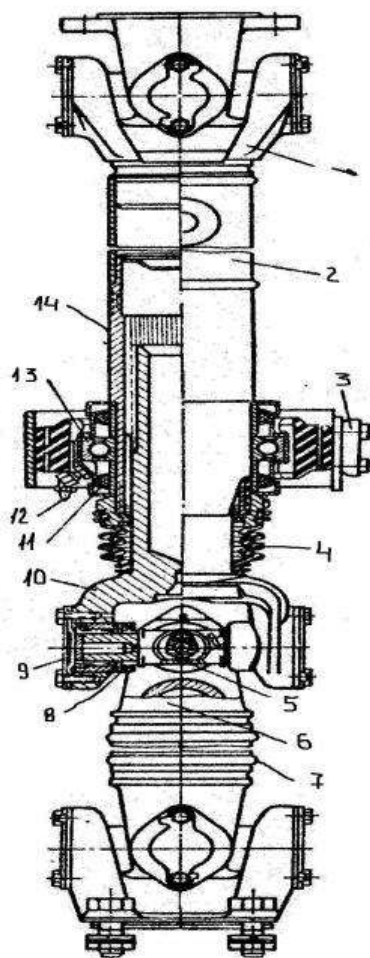


Рис. 1 – Кардана передача

Карданна передача, яку можна побачити на рис. 1, включає проміжний (2) і головний (7) карданні вали, проміжну опору (3) та три шарніри. Проміжний карданний вал представляє собою тонкостінну трубу, до якої

									Арк.
									11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ				

приварені вилка (1) і шліцьова втулка (14). На кінцях цієї труби та головного вала (7) розміщені вилки (6). Шліцьована частина валу вилки (10) дозволяє змінювати відстань між переднім шарніром основного вала і заднім шарніром основного вала за допомогою свого переміщення у втулці (14) проміжного валу.

Змащення шліців проводиться після їхнього налаштування. Для захисту від пилу та бруду використовується гумовий захисний чохол (4).

Підтримку проміжного карданного вала забезпечує шарикопідшипник (13), розміщений на гумовій подушці проміжної опори (3) і захищений кришками з войлочними сальниками (11) з обох боків. Для змащення шарикопідшипника передбачена маслянка (12). Хімічний склад та фізико-механічні властивості сталі 45Г представлені у таблицях 1.1 і 1.2, а технологічні характеристики сталі 45Г викладені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. Технологічні властивості сталі 45Г після нормалізації

Температура ковки, °С		Прогартованість діаметр, мм		Схильність до відпускної крихкості	Оброблюваність різанням		Спосіб зварювання
початок	кінець	воді	маслі		K _v	матеріал різця	
1250	800	23-33	13-18	схильна при 1% Мп	0,9	тверд. сплав	рд; кт; зф; вз
рд – ручне дугове зварювання; кт – контактне зварювання; вз – зварювання під вуглекислим газом; зф- зварювання під шаром флюсу.							

1.2. Аналіз технічних умов на відновлення поверхні деталі

Технічні умови на відновлення шліців карданного валу мають включати наступні аспекти:

Технічні вимоги до матеріалу:

- Вибір сталі та її властивості відповідно до необхідних характеристик міцності, зносостійкості та корозійної стійкості.
- Вимоги до твердості та мікроструктури поверхні шліців.

					ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вимоги до геометрії:

- Точність вимірювань розмірів шліців, включаючи діаметр, глибину та крок зубів.

- Допустимі відхилення від первісних розмірів і форми.

Методи відновлення:

- Вибір технології відновлення (наприклад, наплавлення, гартування, фрезерування).

- Параметри процесів відновлення, такі як температура, час витримки, тип захисного середовища.

Контроль якості:

- Методи та частота інспекцій для перевірки якості шліців після відновлення.

- Вимоги до документації процесу відновлення.

Аналіз технічних умов на відновлення поверхні деталі зводимо в таблицю 1.4

Таблиця 1.4. Технічні умови на відновлення поверхні деталі

Длина шліців, мм	72
Кількість шліців, z	22
Товщина шліців, мм	6-0,07
Евольвентне шліцьове з'єднання з кутом 30 ⁰ (центровані по боковим поверхностям 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
Длина шліців, мм	72-0,19
Модуль, m	2,75
Радіальне биття на 100 мм, мм	0,03
Торцьове биття на 100 мм, мм	0,06

1.3. Вибір і обґрунтування методу для відновлення поверхні шліців

На основі декількох джерел пропонуються різні методи відновлення шліців. Методи включають автоматичну наплавку під шаром флюсу, автоматичну наплавку у захисних газах, а також вібродугову наплавку.

Автоматична наплавка під шаром флюсу. Дуга горить зануреною в масу флюсу під рідким шаром цього ж флюсу, створюючи газовий захист. Рідкий флюс захищає метал від атмосфери, значно знижуючи розбризкування, покращує формування шва, ефективність використання тепла дуги та матеріалу електроду. Шлакова оболонка, що формується, сповільнює охолодження металу, оптимізуючи структурні перетворення. Короткий виступ електроду дозволяє збільшити щільність струму до 150–200 А/мм², покращуючи умови праці зварника.

При наплавці під шаром флюсу втрати металу не перевищують 2%, а коефіцієнт наплавлення становить 14 – 16 г/А·год, що у 1,5 – 2 рази вище, ніж при ручному зварюванні.

Мінуси наплавки під шаром флюсу включають неможливість бачити дугу та високі витрати і ціни на флюс. Невидимість зони зварювання вимагає точнішої підготовки деталей перед зварюванням та їхньої збірки.

Автоматична наплавка в атмосфері захисних газів. Процес полягає у подачі вуглекислого газу в зону зварювання через спеціальні пальники на автоматичних зварювальних головках та апаратах. Газ із балона через трубку входить в сопло пальника, омиває наконечник і електродний дріт, витісняючи повітря та захищаючи наплавлену зону від азоту та кисню.

Переваги методу включають видимість зони зварювання, відсутність шлакових шкірок, низьку вартість CO₂ у порівнянні з флюсом та можливість виконання складних швів, включно зі стельовими.

Недоліки методу включають схильність наплавленого шару до тріщинування та вигорання легуючих елементів через розкладання CO₂ при

					ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

високих температурах на СО і атомарний кисень. Ці негативні ефекти зменшують, використовуючи електродний дріт з вищим вмістом марганцю, кремнію, хрому і інших розкислювачів.

Ручна наплавка. Вона виконується за допомогою покритого електроду на змінному чи постійному струмі, використовується для наплавлення менш важливих деталей. Коефіцієнт наплавки варіюється від 6 до 18 г/(А·год).

Мінус – невидимість дуги та висока вимога до точності підготовки деталі до зварювання та збирання.

Під впливом високих температур в зоні наплавлення молекули кисню та азоту із повітря розпадаються на атоми. Кисень утворює оксиди заліза, сприяючи вигоранню цінних легуючих елементів, і погіршує властивості напавленого шару. Азот формує нітриди, які збільшують твердість, знижують пластичність і сприяють утворенню короблення і тріщин. Водень із вологи і ржавчини викликає пори і тріщини. Щоб зменшити вплив цих елементів, місце наплавлення очищають, а зону захищають нейтральними газами і шлаками.

Вібродугова наплавка виконується за допомогою дротяного електрода з частотою коливань від 50 до 110 за секунду. Амплітуда коливань електрода відносно деталі зазвичай становить від 1 до 3 мм. Вібрація електрода істотно впливає на якість наплавлення та на весь процес, надаючи переваги у порівнянні з традиційною електродуговою наплавкою.

Через переривання дуги під час вібродугової наплавки відбувається дрібнокапельний перехід металу з електрода на деталь, формується мінімально можлива зварювальна ванна, що сприяє гарному сплавленню електродного металу з базовим, обмеженому нагріванню деталі та утворенню малої за глибиною зони термічного впливу. Також зменшується втрата легуючих елементів у електродному дроті порівняно зі звичайною дуговою наплавкою. Вібродугова наплавка дозволяє отримувати порівняно тонкі і

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

зазвичай міцні покриття товщиною від 0,2 до 2,5 мм на круглих деталях з діаметром від 15 мм і вище.

Недоліки вібродугової наплавки включають отримання пористого та неоднорідного за твердістю і структурою металу шару. В результаті, втомлювана міцність деталей знижується майже удвічі. Через це застосування вібродугової наплавки для відновлення критичних деталей, що піддаються великим змінним і циклічним навантаженням, зазвичай обмежене. Продуктивність вібродугової наплавки нижча за звичайну автоматичну, а втрати на розбризування і угар вищі, досягаючи 6–8%.

Різні методи відновлення дозволяють відновити деталі, але якість та вартість відновлення можуть відрізнятись. Тому для відновлення деталей вибирається спосіб, який забезпечує максимальний ресурс та мінімальні затрати на працю і матеріали, що називається раціональним або оптимальним.

При виборі раціонального способу враховуються технологічні та економічні фактори. Спочатку аналізують усі способи з точки зору їх застосування для відновлення даної деталі.

Спосіб відновлення деталі оцінюється з точки зору її подальшої працездатності, що називається критерієм довговічності. Цей критерій виражений числовим коефіцієнтом довговічності для кожного з способів відновлення і для кожної конкретної деталі або групи конструктивно однакових деталей. За допомогою критерію довговічності можна конкретно вказати спосіб відновлення, який забезпечує найбільший ресурс деталі, але це не означає, що спосіб є раціональним, оскільки не відома вартість. Остаточне рішення про вибір раціонального способу відновлення деталі приймається на основі техніко-економічного критерію, який об'єднує довговічність деталі з витратами на її відновлення.

Технічно – економічні критерії наведені в таблицях 1.6 і 1.7, визначаються за виразом:

									Арк.
									16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ				

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

де: C_v означає вартість відновлення деталі;

K_d представляє коефіцієнт довговічності, який є відношенням ресурсу відновленої деталі до ресурсу нової деталі, таблиця 1.5;

C_n вказує на вартість нової деталі.

Таблиця 1.5. Коефіцієнт довговічності

Місце відновлення деталі	Коефіцієнт довговічності при відновлення		
	Вібродугова наплавка	Наплавка в середовищі CO_2	Наплавка під шаром флюсу
Шліцьове з'єднання	0,85 – 1	0,9 – 1	0,95 – 1

Порівняємо різні методи відновлення з огляду на економічні розрахунки вартості і обґрунтованості економічної вигоди від відновлення.

Відновлення за допомогою методу вібродугової наплавки:

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

Наплавка під шаром флюсу:

$$C_v = 0,9 \times 0,308 = 0,2772 \text{ грн.}$$

Наплавка в середовищі захисних газів:

$$C_v = 0,9 \times 0,242 = 0,2178 \text{ грн.}$$

Наплавка ручним дуговим:

$$C_v = 0,8 \times 0,254 = 0,2032 \text{ грн.}$$

Таблиця 1.6. Техніко-економічні показники способів відновлення

Спосіб відновлення	Товщина шару наплавленого за проход, мм	Продуктивність кг\год.	Собівартість (грама покриття)
Наплавка під шаром флюсу	0,5...20	1,8...4,5	0,308...0,337
Наплавка в середовищі захисних газів	0,8...4,0	1,56...4,4	0,242...0,474
Вібродугова наплавка	0,5...5,0	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 покритті, %	Міцність зчеплення, МПа
Наплавка під шаром флюсу	15	значна	27-60	650
Вібродугова наплавка	35	незначна	8-20	500
В середовищі CO ₂	15	значна	12-45	550

Після ретельного аналізу переваг та недоліків, а також урахування виробничих можливостей, впливає, що автоматична наплавка в середовищі захисних газів є найбільш ефективним методом відновлення пари тертя.

скоординоване переміщення фрезерного супорта уздовж осі вала відповідно до його обертання. Це вимагає точного налаштування параметрів швидкості обертання, подачі та ділення.

Схема обробки деталі за допомогою ділильної головки. Заготівлю розміщують на оправці, яка фіксується у центрах шпинделя ділильної головки та задньої бабки. Фасонна фреза забезпечується обертанням, тоді як робочий стіл отримує подовжню подачу. Після кожного періодичного ділення, фреза обробляє впадини між сусідніми шліцами на заготівлі. Робоча подача столу активується для обробки, а після завершення — стіл швидко переміщається назад до вихідного положення. Цей цикл руху повторюється до того моменту, поки всі шліци не будуть оброблені.

Робоча позиція фіксується обертанням шпинделя за допомогою рукоятки, яка встановлюється відповідно до позначок на ділильному диску з градусною шкалою. Рукоятка блокується за допомогою пружин механізму при входженні у відповідний отвір ділильного диска, де концентрично з двох сторін розміщені отвори з числами на окружності.

Після завершення фрезерування шліців, деталь шліфують на круглошліфувальному верстаті, з базуванням у центрах.

2.1. Виконання обчислення припусків аналітичним методом.

Аналітичний метод розрахунку припусків використовується для точного визначення розмірів матеріалу, який необхідно залишити для подальшої обробки деталі. Цей метод базується на математичних розрахунках, що враховують геометричні розміри деталі, її матеріал і технологію обробки. Розрахунок припусків дозволяє забезпечити необхідні точність і якість обробки деталей.

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		20

Обчислимо припуски для обробки шліцьового вала з $\varnothing 62_{-0,19}$ мм за допомогою аналітичного методу. Вихідний матеріал – сортовий прокат, а механічне оброблення здійснюється на верстаті, із закріпленням деталі в центрах. Розміри припуску на обробку встановлюємо відповідно до наступної формули:

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

де Rz_{i-1} – висота мікронерівностей з попередньої операції;

T_{i-1} – глибина дефектного шару на попередній операції;

ρ_{i-1} – загальне геометричне відхилення, отримане під час попередньої операції;

ε_{yi} – помилка установаження деталі під час поточної операції.

Висоту мікронерівностей Rz_{i-1} та глибину дефектного шару T_{i-1} заготовки для механічної обробки визначаємо згідно з джерелами та фіксуємо у таблиці 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	2Z min	2Z 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:

$$\rho_{\text{заг}} = \Delta_k \times L, \quad (2.1)$$

											Арк.
											21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ						

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

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

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

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

де K_y – коефіцієнт уточнення, для чорнової обробки $K_y = 0,06$;

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

У наступних операціях геометрична сума просторових відхилень настільки невелика, що нею можна пренебрегти. При обробці деталі в центрах застосовується принцип взаємного узгодження баз, через що помилка базування відсутня, $\varepsilon_6 = 0$. Використання механізованого приводу забезпечує стабільність сил затискання, тому помилка закріплення також дорівнює нулю, $\varepsilon_3 = 0$.

Отже:

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

Визначаємо припуск на виконані операції:

– чорнове точіння:

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

– чистове точіння:

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

Визначаємо загальні припуски:

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

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

Проведемо перевірку вірності визначення числових значень припусків:

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

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

Числові значення припусків визначені вірно.

									Арк.
									22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ				

Визначимо дійсний розмір заготовки:

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

Ілюстраційна схема розташування припусків та допусків відіграє важливу роль у визначенні параметрів обробки. Припуски представляють собою заздалегідь задані збільшення до номінального розміру деталі, які необхідні для видалення матеріалу під час фінішної обробки. Допуски ж визначають прийнятні межі відхилень від заданих розмірів, що забезпечують правильну функціонування деталі у зібраному виробі.

На ілюстраційній схемі зазвичай вказують місце припусків на заготівлі та кінцеву деталь, позначаючи при цьому допуски для кожної оброблювальної операції. Це дозволяє інженерам та технологам точно розуміти, скільки матеріалу потрібно залишити для кожного етапу обробки і якими мають бути кінцеві габарити деталі, щоб вона відповідала всім технічним вимогам.

На основі проведених розрахунків створюємо ілюстративну схему, яка показує розміщення полів припусків та допусків, дивіться рисунок 2.

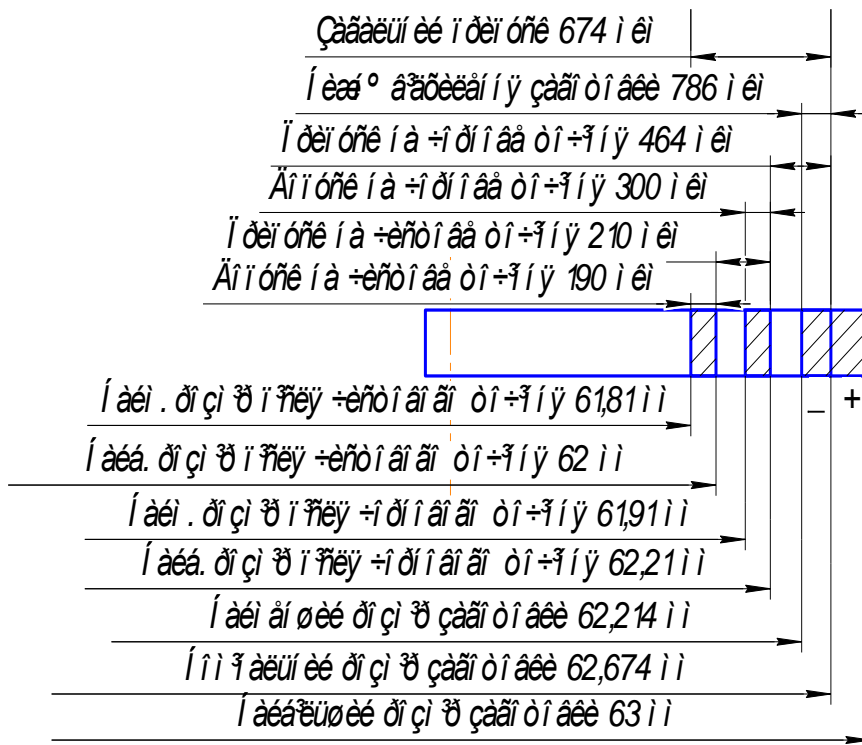


Рис. 2 – Ілюстраційна схема розташування полів припусків і допусків

									Арк.
									23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ				

2.2. Методи та режим підготовки поверхонь шліців під відновлення.

Методи та режим підготовки поверхонь шліців перед відновленням спрямовані на забезпечення оптимальних умов для подальшої обробки. Ці методи включають очищення, знежирення, та механічну підготовку поверхні, щоб забезпечити належне зчеплення з відновлювальними матеріалами, такими як металеві сплави або полімери.

Очищення: Видалення забруднень, іржі, старих покриттів та інших небажаних частинок з поверхні шліців. Це може бути виконано за допомогою механічних або хімічних методів, таких як піскоструминна або хімічна обробка.

Знежирення: Важливий крок, який забезпечує видалення олій, жирів та інших органічних забруднювачів, які можуть перешкоджати адгезії відновлювальних матеріалів. Знежирення здійснюється за допомогою розчинників або спеціалізованих знежирювачів.

Механічна обробка: Може включати шліфування або інші види абразивної обробки для створення необхідної шорсткості поверхні та видалення глибоких дефектів. Це покращує зчеплення та забезпечує кращу основу для наступного нанесення матеріалу.

Ці методи підготовки забезпечують необхідну чистоту та фізичні характеристики поверхні, які критично важливі для успішного відновлення шліців. Правильно підготована поверхня забезпечить високу якість адгезії та довговічність відновленої деталі.

Визначення відповідного обладнання, вибір матеріалів та налаштування параметрів процесу для ефективного наплавлення поверхні шліців, використовуючи покриті електроди та вуглекислий газ як захисне середовище.

Зношені по товщині зовнішні шліці наплавляють за допомогою ручного дугового методу. Валики електродного матеріалу розміщують

										Арк.
										24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

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 використовується для наплавлення компонентів, які піддаються частим змінним навантаженням і потребують тривалої експлуатації.

Відновлені шліци мають твердість HRC 43–50 [3, с.39], в той час як заводські шліци мають твердість HRC 46. Це дозволяє уникнути необхідності в подальшому гартуванні шліців за допомогою струмів високої частоти.

Обладнання для автоматичного наплавлення включає в себе джерело живлення, зварювальну головку та станок для наплавлення або модифікований токарний станок.

Як джерело живлення використовується постійний струм зворотної полярності, оскільки змінний струм ускладнює досягнення стабільності горіння дуги. Для цих цілей застосовують зварювальний півавтомат типу ПДПГ-300. Технічні характеристики цього обладнання представлені у таблиці 2.5.

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 є ключовим компонентом у складі автоматичної наплавочної установки. Її конструкція включає подавальний механізм з електродвигуном та редуктором, який дозволяє регулювати швидкість подачі дроту в широкому діапазоні, касету для зберігання електродного дроту та пульт управління. На ремонтних заводах використовують наплавочну

											Арк.
											26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ						

повністю замінити повітря в шлангах та каналах наплавочної головки, забезпечуючи оптимальні умови для наплавлення.

При наплавленні шліцьового вала необхідно виконувати роботу почергово по протилежних шліцьових канавках, що допомагає забезпечити рівномірний розподіл матеріалу та уникнення деформації вала.

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

Визначимо режими різання відповідно до нормативів для операції 020 токарно-гвинторізної, для точіння відновленої поверхні шийок начорно.

Заготовка – деталь, відновлена наплавленням у середовищі вуглекислого газу.

Матеріал – наплавочний дріт Нп–50ХФА.

Використовуємо токарно-гвинторізний верстат, з базуванням в центрах.

Для роботи обираємо різальний інструмент і встановлюємо його геометричні та конструкційні характеристики. Використовуємо токарний різець з розмірами $B=H=20\text{мм}$ на 32мм ; $L=140\text{мм}$. Матеріал ріжучої частини – пластина з твердого сплаву Т15К6. Геометричні параметри різця: $l = 25$; $s = 6$; $r = 0,5\text{мм}$.

Задаємо параметри різання.

Глибина різання складає 1 мм .

Встановлюємо подачу на один оберт заготовки $S = 0,5 \dots 1\text{ мм/оберт}$.

Коригуємо обрану подачу відповідно до даних паспорту верстата, приймаємо поперечну та поздовжню подачу в розмірі $0,5\text{ мм/оберт}$.

Термін стійкості ріжучого інструменту встановлюємо на рівні 30 хвилин .

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Встановлюємо швидкість різання, допустиму з огляду на ріжучі властивості інструменту.

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

Визначаємо середнє значення стійкості T та коефіцієнт варіації C_v , враховуючи показники ступенів x , y та m згідно даних. Коефіцієнт K_v обчислюється як добуток коефіцієнтів, які враховують вплив наступних чинників: матеріал заготовки K_{Mv} , стан поверхні заготовки $K_{пв}$, який приймається за одиницю та матеріал інструменту $K_{ив}$, також приймається за одиницю.

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

Коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки:

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

де K_r – коефіцієнт, характеризує групу сталі по оброблюваності, і показник ступеню nv , $K_r = 1$, $nv = 1$; σ_s – границя міцності при розтягу, що дорівнює 1530 МПа для заготовки.

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

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, $n_d = 630 \text{ хв}^{-1}$.

										Арк.
										29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ					

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, приймаємо $N_{\text{штп}} = 15$ кВт.

Визначаємо потужність, яка витрачається на різання:

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

де

$$P_z = 10 C_{pt}^x s^y v^n K_p, \quad (2.14)$$

$$K_p = K_{MP} K_{\phi P} K_{\gamma P} K_{\lambda P}, \quad (2.15)$$

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

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

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

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, s – подача на оберт заготовки; поправковий коефіцієнт K_p – це добуток коефіцієнтів, що враховує фактичні умови різання, K_{MP} , $K_{\phi P} = 0,89$, $K_{\gamma P} = 1$, $K_{\lambda P} = 1$, K_p .

Сила різання, за формулою (2.14):

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

					ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 є більшою:

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

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; i – кількість проходів, $i = 1,0$.

Основний час:

$$T_0 = \frac{72 \times 1,0}{630 \times 0,5} = 0,23 \text{ хв.}$$

Операція токарно–гвинторізна, режими різання зводимо в таблицю 2.8.

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

Верстат – токарно-гвинторізний, 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: $B = 10$; $l = 25$; $s = 6$; $\varphi = 90^\circ$; $\gamma_f = -5^\circ$; $\gamma = 15^\circ$; $\alpha = 12^\circ$; $\varphi_1 = 15^\circ$; $\lambda = 0$; $r = 0,5$ мм; $f = (1,0 \div 2,0) \times t = 2$ мм.

Призначаємо режими різання.

Глибину різання визначаємо 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.

									Арк.
									31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ				

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

Період стійкості різального інструменту, $T = 30 \text{ хв}$.

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} , стан поверхні $K_{pv} = 1$, матеріалу інструмента $K_{iv} = 1$, за формулою (2.9):

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

Коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки, 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, у якого $N_{\text{шп}} = 15 \text{ кВт}$.

Визначаємо потужність, яка витрачається на різання, за формулою :

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

Сила різання, за формулою (2.14):

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

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поправковий коефіцієнт, 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, за формулою (2.17)

$$N_{шт} \geq N_{різ}, (18 \geq 15,8).$$

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 токарно–гвинторізна, режими різання зводимо в таблицю 2.8.

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

Заготовка – деталь обточена начисто.

Верстат копірувально-фрезерний, базування – в центрах,.

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 $m = 2,75$. Матеріал – фреза модульна із вставними ножами T15K6. Фреза затилована, профіль зуба виконаний за евольвентою. На профілі зубів чорнової фрези роблять канавки для подрібнення стружки; передній кут рівний 10^0 , задній кут 10^0 . У чистових фрез передній кут рівний нулю. Профіль фрези № 4 розрахований по впадині шліца шліцевого валу з числом шліців 22.

Призначаємо режими різання.

Глибина різання $t = 7,5$ мм, залишаючи припуск на чистову обробку 0,5 мм на сторону. Призначаємо подачу на оберт заготовки.

Ширина фрезерування $B = 7,5$ мм.

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		33

Подача на хвилину, 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.:

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

z – число зубів фрези, $z = 12$; s_z – подача на один зуб, при чорновому фрезеруванні, $s_z = 0,12$ мм; S – подача на один оборот фрези, при чистовому фрезеруванні, $S = 0,6$ мм/об.

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., значення коефіцієнта C_V , показники ступенів x , y і m ; K_V – коефіцієнт є добутком коефіцієнтів, що враховують вплив матеріалу заготовки K_{Mv} , стан поверхні $K_{nv} = 1$, матеріал інструмента $K_{iv} = 1$.

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

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

Коефіцієнти, що враховують 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, що характеризує групу сталі за оброблюваністю,

i – показник ступеню nv , $K_r = 1$, $nv = 1$;

σ_s – границя міцності при розтягу, 1530 МПа для заготовки.

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

$$V_{PI3} = \frac{690 \times 70^{0,2}}{60^{0,35} \times 7,5^{0,3} \times 0,12^{0,4} \times 7,5^{0,1} \times 22} \times 0,49 = 8,77 \text{ мм/хв.} = 0,146 \text{ мм/с.}$$

Частоту обертання шпинделя обраховуємо за формулою:

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$n = 1000 \times 60 \times V_{PI3} / \pi \times D \quad (2.25)$$

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

Коректуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даним верстата:

$$n_{CT} = 40 \text{ об/хв.}$$

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 ступеню, поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу K_{MP} , визначаємо 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,

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

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

Швидкість обертання шліфувального кола, 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 оборотів круга в хвилину.

Визначимо швидкість руху повздовжньої подачі за формулою:

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

Визначаємо повздовжню подачу на оберт деталі, в довідникові рекомендують $S_d = 0,2 \dots 0,4$, приймаємо $0,3$ мм.

Визначаємо повздовжню 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 повздовжньої подачі:

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

Частота 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.

Швидкість обертання шліфувальної поверхні, м/хв.:

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де D_d – діаметр деталі, що оброблюють, мм;

n_d – число обертів деталі в хвилину, $n_d = 180 \text{ об/хв}^{-1}$.

Сила різання, Н:

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

де C_P – постійна для конкретної умов обробки, $C_P = 21,6$.

Потужність електродвигуна, що приводить в рух шліфувальне коло, 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 деталі, що оброблюють:

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

де η_1 і η_2 – відповідно ККД передач електродвигуна, шліфувального кола та деталі, що оброблюють.

Обробка можлива, так як $N_{шп} \geq N_K$, ($30 \geq 28,5$).

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.

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.8. Режими різання за нормативами

Найменування операції, переходу, позиції	T, мм	$\frac{l_{p3}}{l_{p.x}}$, 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 _o , мм/об.	T _o , хв.	$\frac{N_p}{N_{wn}}$ 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 Зубофрезерна 1.Фрезерувати начорно	7,5	$\frac{72}{96,27}$	1	60	57,6мм / хв	$\frac{39,85}{40}$	$\frac{8,77}{8,4}$	—	36,53	$\frac{1}{3,4}$
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	$\frac{28,5}{30}$

2.4. Нормування операції відновлення поверхні

Штучний час на операцію 010 відновлення поверхні визначається за формулою:

$$T_{шт} = (T_o + T_{B1} + T_{B2} + T_{B3}) \times [1 + 0,01(\alpha_{об} + \alpha_{отл})], \quad (2.44)$$

де T_o – основний час на операцію;

T_{B1}, T_{B2}, T_{B3} – допоміжні часи, пов'язані з оглядом і протиранням поверхні деталі перед відновленням; обезжирюванням поверхні деталі; поворотом і зняттям деталі.

$$T_{B1} = 1,32 \text{ хв.}; T_{B2} = 3,1 \text{ хв.}; T_{B3} = 0,34 \text{ хв.};$$

										Арк.
										39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ					

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

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

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

2.5. Нормування технологічного процесу механічної обробки відновленої поверхні шліців

Нормуємо операцію 020, токарно-гвинторізну, точити відновлену поверхню начорно.

Основний час на операцію, $T_0 = 0,23$ хв.

Допоміжний час на операцію складається з ряду часів, а саме:

- встановити і закріпити заготовку $T_B = 0,07$ хв.;
- закріпити і відкріпити деталь $T_3 = 0,01$ хв.

Допоміжний час на прийоми керування верстатом:

- включити та виключити верстат $T_{BK} = 0,01$ хв.;
- підвести та відвести інструмент $T_{II} = 0,05$ хв.;
- час очікування зупинки шпіндлля $T_O = 0,05$ хв.;
- час на вимірювання $T_{BM} = 0,14$ хв.

$$T_{доп} = T_B + T_3 + T_{BK} + T_{II} + T_O + T_{BM} \quad (2.48)$$

$$T_{доп} = 0,07 + 0,01 + 0,01 + 0,05 + 0,05 + 0,14 = 0,33 \text{ хв.}$$

Оперативний час визначаємо за формулою:

$$T_{оп} = T_0 + T_{доп}, \quad (2.49)$$

$$T_{оп} = 0,23 + 0,33 = 0,56 \text{ хв.}$$

					ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Час на обслуговування та особисті потреби визначаємо за формулою, при $\Pi_{\text{об.від}} = 6,5\%$:

$$T_{\text{об.від}} = \frac{T_{\text{он}} \times \Pi_{\text{об.бiу}}}{100} \quad (2.50)$$

$$T_{\text{об.від}} = \frac{6,5 \times 0,56}{100} = 0,0364 \text{ хв.}$$

Підготовче-заключний час при роботі на верстаті:

$$T_{\text{п.з}} = 17 \text{ хв.}$$

В серійному виробництві норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою:

$$T_{\text{ш.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n}, \quad (2.51)$$

де $T_{\text{ш.к}}$ – норма штучного часу на операцію;

$T_{\text{п.з}}$ – підготовче- заключний час на операцію;

n – кількість деталей в налагоджувальній партії.

Штучний час на операцію визначаємо за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\text{доп}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{від}}, \quad (2.52)$$

де T_0 – основний час на операцію;

$T_{\text{доп}}$ – допоміжний час на операцію;

$T_{\text{обс}}$ – час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця;

$T_{\text{від}}$ – час на відпочинок та особисті потреби.

Тоді,

$$T_{\text{шт}} = 0,23 + 0,33 + 0,0364 = 0,6 \text{ хв.}$$

Норма штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{ш.к}} = 0,6 + \frac{17}{25} = 1,28 \text{ хв.}$$

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нормуємо операцію 020, токарно-гвинторізну, точити відновлену поверхню начисто.

Основний час на операцію: $T_0 = 0,23$ хв.

Допоміжний час на операцію складається з ряду часів :

- встановити і закріпити заготовку – 0,07 хв.;
- закріпити і відкріпити деталь – 0,01.хв.

Допоміжний час на прийоми керування верстатом:

- включити та виключити верстат – 0,01 хв.;
- підвести та відвести інструмент – 0,05 хв.;
- час очікування зупинки шпинделя – 0,05хв.;
- час на вимірювання – 0,14 хв.

$$T_{\text{доп}} = 0,07+0,01+0,01+0,05+0,05+0,14= 0,33 \text{ хв.}$$

Оперативний час визначимо за формулою:

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\text{доп}}, \quad (2.53)$$

$$T_{\text{оп}} = 0,23+0,33 = 0,56 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування та особисті потреби визначимо за формулою, при $P_{\text{об.від}} = 6,5\%$:

$$T_{\text{об.від}} = \frac{T_{\text{оп}} \times P_{\text{об.від}}}{100} \quad (2.54)$$

$$T_{\text{об.від}} = \frac{6,5 \times 0,56}{100} = 0,0364 \text{ хв.}$$

Підготовче-заключний час при роботі на верстаті, $T_{\text{п.з}} = 17$ хв.

В серійному виробництві норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою:

$$T_{\text{ш.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n}, \quad (2.55)$$

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де – $T_{шт.к}$ – норма штучного часу на операцію;

$T_{п.з}$ – підготовче-заклучний час на операцію;

n – кількість деталей в налагоджувальній партії.

Штучний час на операцію визначаємо за формулою:

$$T_{шт} = T_0 + T_{доп} + T_{обс} + T_{від}, \quad (2.56)$$

де – T_0 – основний час на операцію;

$T_{доп}$ – допоміжний час на операцію;

$T_{обс}$ – час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця;

$T_{від}$ – час на відпочинок та особисті потреби.

$$T_{шт} = 0,23 + 0,33 + 0,0364 = 0,6 \text{ хв.}$$

Норма штучно-калькуляційного часу:

$$T_{шт.к} = 0,6 + \frac{17}{25} = 1,28 \text{ хв.}$$

Операції норми штучно-калькуляційного часу зводимо в таблицю 2.9.

Нормуємо операцію 030, зубофрезерне, фрезерувати відновлену поверхню начорно.

Основний час на операцію, $T_0 = 36,53$ хв.

Допоміжний час на операцію складається з ряду часів :

- встановити і закріпити заготовку – 0,07 хв.;
- закріпити і відкріпити деталь – 0,01 хв.

Допоміжний час на прийоми керування верстатом.:

- включити та виключити верстат – 0,01 хв.;
- підвести та відвести інструмент – 0,05 хв.;
- час очікування зупинки шпинделя – 0,05 хв.;
- час на вимірювання – 0,14 хв.

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						44
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$T_{\text{доп}} = 0,07+0,01+0,01+0,05+0,05+0,14 = 0,33 \text{ хв.}$$

Оперативний час визначимо за формулою (2.53):

$$T_{\text{оп}} = 36,53+0,33= 36,86 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування та особисті потреби за формулою (2.54) при $P_{\text{об.від}}= 3\%$:

$$T_{\text{об.від}} = \frac{3 \times 36,86}{100} = 1,106 \text{ хв.}$$

Підготовче-заклучний час при роботі на верстаті:

$$T_{\text{п.з}}= 17 \text{ хв.}$$

Тоді, за формулами (2.55) та (2.56)

$$T_{\text{шт}} = 36,53+0,33+1,106 = 38 \text{ хв.};$$

$$T_{\text{ш.к}}=38 + \frac{17}{25} = 38,68 \text{ хв.}$$

Нормуємо операцію 030, зубофрезерне, фрезерувати відновлену поверхню начисто.

Основний час на операцію, $T_0 = 30,51$ хв.

Допоміжний час на операцію складається з ряду часів :

- встановити і закріпити заготовку – 0,07 хв.;
- закріпити і відкріпити деталь – 0,01 хв.

Допоміжний час на прийоми керування верстатом:

- включити та виключити верстат – 0,01 хв.;
- підвести та відвести інструмент – 0,05 хв.;
- час очікування зупинки шпинделя – 0,05 хв.;
- час на вимірювання – 0,14 хв.

$$T_{\text{доп}} = 0,07+0,01+0,01+0,05+0,05+0,14 = 0,33 \text{ хв.}$$

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						45
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Оперативний час розраховуємо за формулою (2.53):

$$T_{оп} = 30,51 + 0,33 = 30,84 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування та особисті потреби за формулою (2.54) при $P_{об.від} = 3\%$:

$$T_{об.від} = \frac{3 \times 30,84}{100} = 0,925 \text{ хв.}$$

Підготовче-заключний час при роботі на верстаті:

$$T_{п.з} = 17 \text{ хв.}$$

Тоді, за формулами (2.55) та (2.56)

$$T_{шт} = 30,51 + 0,33 + 0,925 = 31,765 \text{ хв.};$$

$$T_{шт.к} = 31,765 + \frac{17}{25} = 32,4 \text{ хв.}$$

Операційні норми штучно-калькуляційного часу зводимо в таблицю 2.9.

Нормуємо операцію 040, круглошліфувальна. Основний час на операцію, $T_0 = 1,20$ хв.

Допоміжний час на операцію складається з ряду часів:

- встановити і закріпити заготовку – 0,30 хв.;
- закріпити і відкріпити деталь – 0,10 хв.;

Допоміжний час на прийоми керування верстатом:

- включити та виключити верстат – 0,01 хв.;
- підвести та відвести інструмент – 0,05 хв.;
- час очікування зупинки шпинделя – 0,05 хв.;
- час на вимірювання – 0,14 хв.

$$T_{доп} = 0,30 + 0,1 + 0,01 + 0,05 + 0,05 + 0,14 = 1,05 \text{ хв.}$$

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		46

Оперативний час визначаємо за формулою (2.53):

$$T_{\text{оп}} = 1,20 + 1,05 = 2,25 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування та особисті потреби за формулою (2.54) при $P_{\text{об.від}} = 2,2 \%$.

$$T_{\text{об.від}} = \frac{2,2 \times 2,25}{100} = 0,05 \text{ хв.}$$

Підготовче-заключний час при роботі на верстаті:

$$T_{\text{п.з}} = 17 \text{ хв.}$$

Тоді, за формулами (2.55) та (2.56)

$$T_{\text{шт}} = 1,20 + 1,05 + 0,05 = 2,30 \text{ хв.};$$

$$T_{\text{ш.к}} = 2,30 + \frac{17}{25} = 3,38 \text{ хв.}$$

Операційні норми штучно-калькуляційного часу зводимо в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9. Зведена таблиця норм часу, хв.

Номер та назва операції	T_0	$T_{\text{доп}}$			$T_{\text{оп}}$	$T_{\text{об}} + T_{\text{від}}$	$T_{\text{шт}}$	$T_{\text{п.з}}$	п,шт	$T_{\text{ш.к}}$
		$T_{\text{у.з}} + T_{\text{з.о}}$	$T_{\text{кер}}$	$T_{\text{вим}}$						
020 Токарно-гвинторізна	0,23	0,08	0,11	0,14	0,56	0,0364	0,6	17	25	1,28
030 Зубофрезерне										
1. Попереднє	36,53	0,08	0,11	0,14	36,86	1,106	38	17	25	38,68
2. Кінцеве	30,51	0,08	0,11	0,14	30,84	0,925	31,765	17	25	32,4
040 Круглошліфування	3,38	0,08	0,11	0,14	2,25	0,05	2,30	17	25	3,38

3. Конструювання технологічного оснащення

3.1. Розробка операційного пристрою

Заплануємо розробку та створення складеного токарного прохідного різця з використанням пластини з твердого сплаву для чорнового точіння. Основна сила різання, яка впливає під час процесу, P_z , становить 8186,5 Н. Враховуючи, що величина H дорівнює 1,6 B , ширина прямокутного перерізу тіла різця визначається відповідно до формули, що зазначена.

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

де l – виліт різця, $l = 60$ мм;

$\sigma_{i.d}$ – допустиме напруження на згин, $\sigma_{i.d} = 200$ МПа

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

Згідно з даними довідників приймаємо $B = 20$ мм.

Користуючись співвідношенням, що наведене отримуємо:

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

Згідно з даними довідників приймаємо $H = 32$ мм.

Перевіримо міцність та жорсткість різця.

Максимальне навантаження, що 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, що допускається жорсткістю різця:

$$P_{z \text{ жорст}} = \frac{f E b h^3}{4 l^3} = \frac{0,1 \times 2 \times 10^5 \times 20 \times 32^3}{4 \times 60^3} = 1517037 \text{ Н.} \quad (3.4)$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ				48

Різець має достатню міцність та жорсткість, через те що:

$$P_{z \text{ доп}} \geq P_z \leq P_{z \text{ жорст}} (11377,8 \geq 8186,5 \leq 15170,37). \quad (3.5)$$

Конструктивні розміри різця приймаємо за ISO 5608. Цей стандарт описує систему позначення інструментів для токарних робіт, включаючи держателі та вставки, і забезпечує єдине ім'я для кожного держателя інструменту, незалежно від постачальника. Важливо, що система не стандартизує якість інструментів, а лише використовує кодову систему для опису всіх важливих характеристик і розмірів держателя.

3.2. Розрахунок вимірювального інструменту

Розташування полів допуску визначає зону в просторі або на площині, в якій повинні розташовуватися відповідні елементи конструкцій відносно один одного. Ці допуски важливі для забезпечення правильності монтажу та функціональності механічних систем, оскільки вони визначають, як точно елементи повинні взаємодіяти. Допуски розташування можуть включати відхилення такі як паралельність, перпендикулярність, співвісність і інші, що визначають позицію елемента відносно зазначеної бази або іншого відлікового елемента.

Спроекуємо та виконаємо розрахунки для калібр-кільця, призначеного для контролю $\varnothing 62$ мм і модуля 2,75, з центруванням за бічними поверхнями шліців з посадкою $b = 6f8 \begin{pmatrix} -0,010 \\ -0,028 \end{pmatrix}$.

Згідно з довідниковими даними, визначаємо наступні параметри для розрахунків: $Z_{1b} = 10$ мкм; $H_{1b} = 4$ мкм; $Y_{1b} = 12,5$ мкм; $H_b = 5$ мкм. Тут Z_{1b} означає відстань від середини поля допуску до найбільшого дозволеного розміру вала; H_{1b} вказує на допуски ширини шліца калібра кільця; Y_{1b}

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Контроль якості

Для перевірки вала з шліцами використовують калібр-кільце, яке спроєктоване у попередньому розділі, що перевіряє допустимі межі та відхилення за товщиною зубів вала. Для визначення радіального биття застосовують спеціальний пристрій та використовують багатообертовий індикатор типу МИГ-2, де допустима похибка вимірювань радіального биття становить не більше 0,002 мм.



Рис. 4 – Багатообертовий індикатор типу МИГ-2

Багатообертова вимірювальна головка МИГ-2 (модель 05102) призначена для вимірювань методом безпосередньої оцінки або методом порівняння з еталонною мірою.

Багатообертові вимірювальні головки МИГ-2 застосовуються разом із стойками та штативами, а також іншими пристосуваннями для вимірювальних головок та індикаторів у різних галузях машинобудування та приладобудування.

Вимірювальні головки МИГ-2 виготовлялися класів точності 0 і 1.

Під час експлуатації вимірювальних головок МИГ мають дотримуватися наступні умови:

					ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

- температура навколишнього середовища 20 ± 4 °С
- зміна температури не більше ніж 1 °С/год
- відносна вологість $60 \pm 20\%$

Технічні характеристики індикатора МИГ2:

Клас точності	0	1
Діапазон вимірів, мм	2,00	2,00
Ціна поділки шкали, мм	0,002	0,002
Межі допустимої похибки, мкм:		
на ділянці 200 поділок	3,0	4,0
на всьому діапазоні вимірів	4,0	5,0
Розмах показів, поділок шкали	1/2	2/3
Варіація показів, поділок шкали	1	1,5
Вимірювальне зусилля, Н, не більше	2,0	2,0
Коливання вимірювального зусилля, Н, не більше		
	0,7	0,7
Приєднувальний діаметр, мм	8h7	8h7
Габаритні розміри, мм, не більше	70x25x106	70x25x106

4.1. Перевірка макро- та мікроструктур, а також твердості відновленого шліцевого покриття

Металографічний контроль використовується для виявлення структури металу. Ці випробування загалом досліджують мікро- і макроструктуру металу шва та прилеглих зон. Для металографічних досліджень зразки вирізають перпендикулярно шву, після чого їх поверхні піддаються механічній обробці, як-то шліфування та полірування, а також травленню.

Травлення виявляє різниці у структурі між основним металом, металом шва та зонами термічного впливу, що дозволяє чітко розрізнити ці

					ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навантаження F , що дорівнює сумі F_0 та F_1 , і глибина вдавнення конуса збільшується. Після зняття основного навантаження F_1 , прилад відображає число твердості за Роквеллом HRC. Чим менша глибина вдавнення h , тим вища твердість матеріалу.

Для шкали C застосовується попереднє навантаження F_0 рівне 100 Н (кгс), основне F_1 – 1373 Н і загальне F – 1471 Н. Значення твердості вираховується за формулою $HRC = 100 - e$, де e визначається як $(h - h_0)/0,002$ мм, при цьому 0,002 мм – це шкала поділки індикатора для вимірювання твердості за Роквеллом. Одиниця твердості за Роквеллом є безрозмірною і відповідає осьовому переміщенню індикатора на 0,002 мм.

Таблиця 4.1. Структура, мікротвердість і чистота поверхні покриття

Матеріал	Структура	Мікротвердість N^{100}_{μ}		Чистота поверхні	
		кг/мм ²	МН/м ²	H_{cp} , мк	Клас чистоти за ДСТУ
Наплавка у вуглекислому газі	мартенсит	456	4560	7,5	6
Макроструктура наплавленого матеріалу					
Матеріал		Структура		Мікротвердість, HRC	
Наплавка у вуглекислому газі		Сорбітообразний		50	

Таблиця 4.2. Межа витривалості наплавленого матеріалу

Матеріал	Межа витривалості		Коефіцієнт витривалості, $\beta = \sigma_{-1n} / \sigma_{-1}$
	кгс/мм ²	МН/м ²	
Наплавка у вуглекислому газі	18	180	0,75

Зниження межі витривалості внаслідок різних методів наплавлення можна пояснити появою внутрішніх напружень та структурної неоднорідності наплавленої області, особливо на межі з'єднання з основним

- швидкість ковзання вала по втулці була 0,5 м/с;
- діаметр випробувального зразка – 60 мм;
- загальне навантаження на контактну зону дорівнювало 0,300 кг.

Під час проведення випробувань із вимірюванням тертя, в певні проміжки часу було визначено розміри осей еліптичної контактної плями, вказані як $2a^*$ та $2b^*$ на рисунку 5.

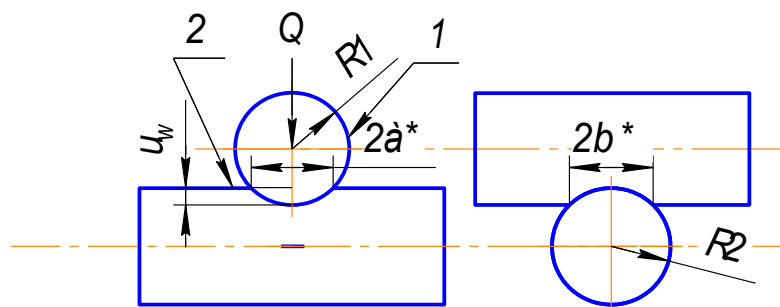


Рис. 5 - 4.1. Схема контакту перехресних циліндрів
 1 - циліндр з радіусом R_1 , і контактна пляма
 2 - циліндр з радіусом R_2 , і контактна пляма

Рис. 5 – Схема контакту перехресних циліндрів

Еквівалентний радіус кола обчислювався відповідно до наступного відношення:

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

Встановлення параметрів моделей зносу проводиться згідно з вказівками, зазначеними в джерелі [18, с. 42, таблиця 2.1]. Для апроксимації експериментальних даних використовується метод найменших квадратів. Основні формули цього методу для обрахунку параметрів степеневі апроксимації можна знайти в [18]. Ось вони:

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

або

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

де

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

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

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

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

$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{60 \times 120}{60 + 120} = 40 \text{ мм} \quad (4.8)$$

Дані про результати випробувань та аналіз методом найменших квадратів (МНК) для зразків, наплавлених електродами марки ОЗН-400У, представлено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4. Результати випробувань та аналіз МНК для зразків, наплавлених електродами ОЗН-400У.

№ п/п	S × 10 ³ , мм	a, мм	τ, хв	2a*	2b*	y = lga	x = lgS	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 хв} = π × d × n × τ = 3,14 × 60 × 600 × 5 = 565200 мм = 5652 м = 5,652 км

S_{10 хв} = π × d × n × τ = 3,14 × 60 × 600 × 10 = 1130400 мм = 11304 м = 11,304 км

Встановлення параметрів для степеневі апроксимації виконується застосуванням формули (4.5) та використанням даних з таблиці 4.4 для обчислення:

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

За залежністю (4.5) маємо:

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

$$c = 0,0377.$$

Визначення параметрів моделі зносу відповідно до формул (4.8) і (4.9).

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

					ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Інтенсивність зносу зразка залежить від тиску має вигляд:

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

Числові значення зазначеної функції можна знайти у таблиці 4.4 та на ілюстрації 4.2. Випробування на знос зразків, що були наплавлені у середовищі вуглекислого газу, проводились відповідно до тих же умов і методів, що використовувались для зразків, наплавлених електродами ОЗН-400У. Результати цих випробувань наведено в таблиці 4.5 та на рисунку 6. Також для визначення параметрів апроксимації експериментальної кривої (1) був застосований метод найменших квадратів, деталі якого представлені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5. Результати випробувань та аналіз МНК для зразків, наплавлених 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: $S_{5 \text{ хв}} = \pi \times d \times n \times \tau = 3,14 \times 60 \times 600 \times 5 = 565200 \text{ мм} = 5652 \text{ м} = 5,652 \text{ км}$
 $S_{10 \text{ хв}} = \pi \times d \times n \times \tau = 3,14 \times 60 \times 600 \times 10 = 1130400 \text{ мм} = 11304 \text{ м} = 11,304 \text{ км}$

Виконую розрахунок параметра β апроксимації:

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

Інший параметр апроксимації:

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

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

						Арк.
					ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ	58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри m і k_w моделі зношування рахую за формулами (4.8) і (4.9):

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

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

Залежність інтенсивності зносу від тиску для матеріалу має вигляд:

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

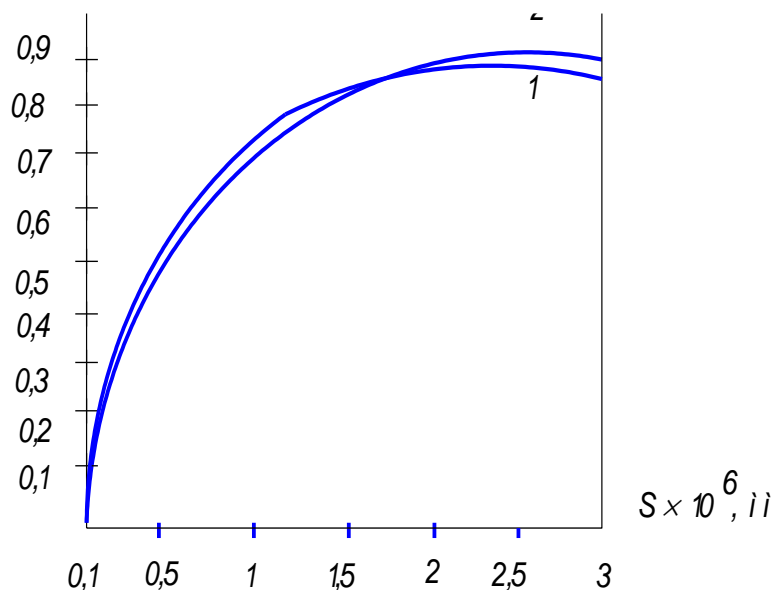


Рис. 6 – Результати випробувань

Порівняння матеріалів за зношуванням.

Для порівняння матеріалів одержимо чисельне значення для значень σ .

Таблиця 4.6 – Порівняння інтенсивності зношування матеріалу

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 реальному діапазоні тисків, при параметрах k_w , m моделі сталого зношування:

ВИСНОВОК

У цьому дипломному проекті було розроблено технологічний процес відновлення деталі автомобіля – карданний вал. Проведено визначення підходу, вибір устаткування, матеріалів і умов для ремонту поверхонь шліців.

У вступі була проведена доцільність відновлення дороговартісних деталей в сучасних умовах.

В першому розділі була дана характеристика конструкції карданного валу, його функції та умови експлуатації. Проаналізовано технічні умови на відновлення поверхні деталі. Зроблено вибір і обґрунтування методу для відновлення поверхні шліців.

У технологічному розділі виконанні обчислення припусків з використанням аналітичного методу, обрані методи та режим підготовки поверхонь шліців під відновлення, вибране обладнання, режими та проведено розрахунок механічної обробки відновленої поверхні шліців за нормативами. Проведено нормування операції відновлення поверхні, механічної обробки тощо.

Конструкторський розділ присвячений розробці операційного пристрою інструменту механічної обробки, проведений розрахунок вимірювального інструменту.

У розділі контролю якості проведена перевірка макро- та мікроструктур, а також твердості відновленого шліцевого покриття, дана оцінка впливу конструктивних рішень на ефективність.

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		62

СПИСОК ВИКОРИСТОВУВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Журавльов В.Н., Ніколаєва О.І., "Машинобудівельні сталі". Довідник. К., Машинобудування, 1981. – 391 с.
2. Ачкасов К.А. "Прогресивні методи ремонту сільськогосподарської техніки". К.: Колос, 1984.
3. Сапіро Л.С, "Довідник зварника". Д., Донбас, 1984. – 189 с.
4. Сидоров А.І, "Відновлення деталей машин напиленням і наплавкою". К.: Машинобудування, 1978, 192 с.
5. Молодик Н. В., Зенін А. С. Відновлення деталей машин. Довідник.- К.: Машинобудування, 1989. – 480 с.
6. Житецький В. Ц., Джигерей В. С., Мельников О. В. "Основи охорони праці". Львів: "Афіша", 2000 р.
7. Довідник технолога-машинобудівника, Т.2., під ред. Косілової А.Г. Мещерякова Р.К. К., Машинобудування, 1986.- 496 с.
8. Довідник технолога-машинобудівника, Т.1., під ред. Косілової А.Г. Мещерякова Р.К. К., Машинобудування, 1986.- 496 с.
9. Нефьодов Н.А., Осіпов К.А., Збірник завдань і прикладів з різання металів і ріжучого інструменту, К., Машинобудування. 1990.- 448 с.
10. П.Н. Орлов та інші. "Короткий довідник металурга". К.:Машинобудування,1986.-960с.
11. І.С. Добриднєв. Курсове проектування за предметом "Технологія машинобудування". К., Машинобудування, 1985. 184с.
12. Шадричев В. А. Ремонт автомобілів, К., Машинобудування, 1965.- 616с.
13. Горацевич А.Ф. Шкред В.А. Курсове проектування за технологією машинобудування, Мінськ, Вища школа, 1983.- 256с.
14. В.П. Крюков та інші, "Ремонт дорожньо-будівельних машин і тракторів". К.:В. Ш., 1984-223с.

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		63

15. Іващенко Н.І. "Технологія ремонту автомобілів". К.:В. Ш., 1977.-360 С.
16. І. К. Белкін. Засоби лінійно–кутових вимірювань, К., «Машинобудування», 1987. – 368 с.
17. Т. С. Грозовський. Методи розрахунку двигунів внутрішнього згоряння. К.: Машинобуд., 1981.-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. Іванов К. Н. "Деталі машин". К.: Вища школа, 1991 – 383 с.
20. Шебеко Л. П., Гітлевич А. Д. "Економіка, організація та планування зварювального виробництва: Підручник для студентів машинобудівних технікумів". К.: Машинобудування, 1986. – 264 с.

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	Арк.
						64
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ДОДАТКИ

					<i>ДРМТВАТАМ 24 20180 000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		65

Тема: «Створення технології ремонту шліцьової частини карданного валу вантажного автомобіля»

ВИКОНАВ: СТУДЕНТ 4 КУРСУ, ГРУПА МТВА-20-1 Богдан ПОГОНЕЦЬ

Вступ.

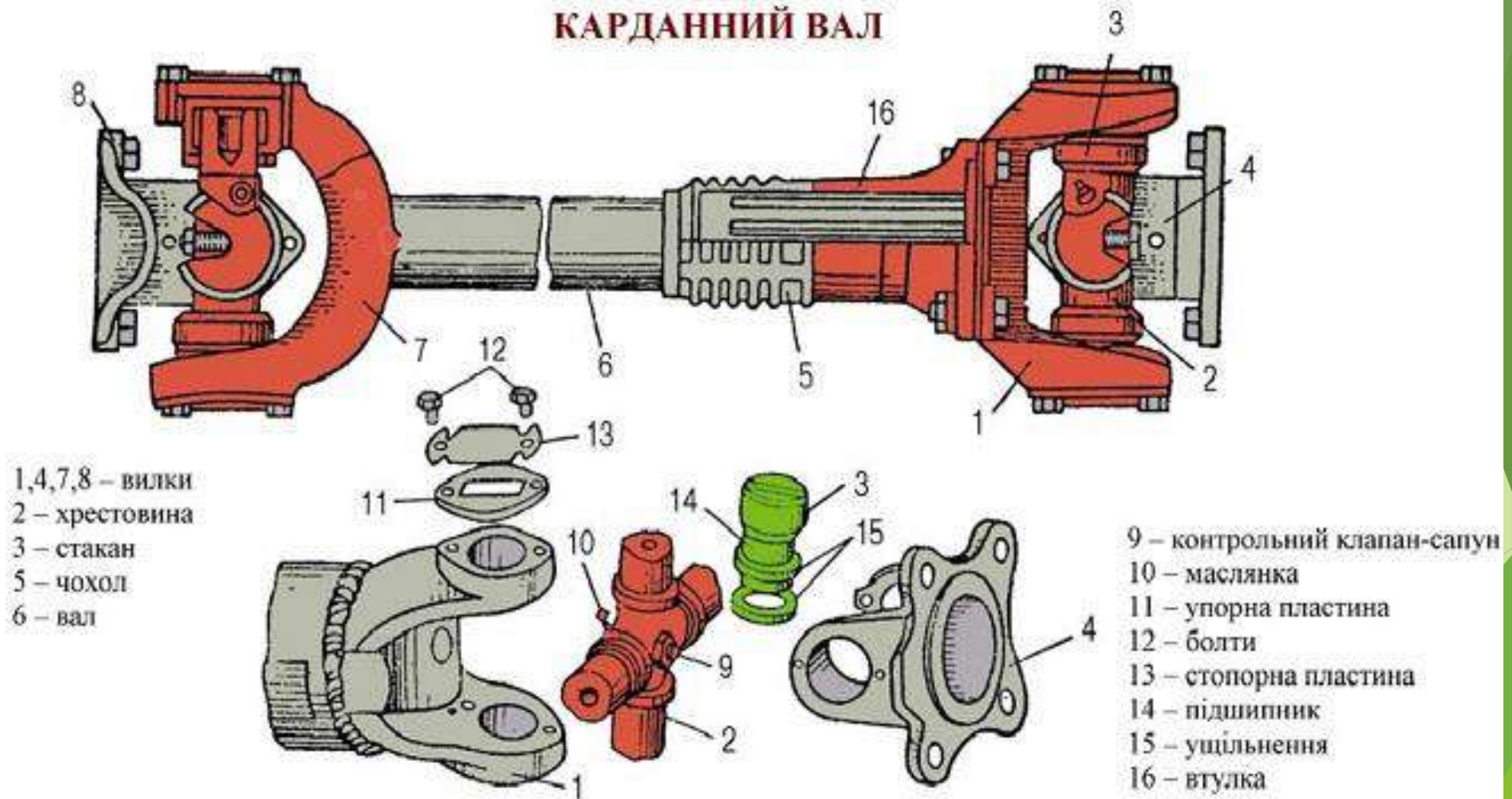
- ▶ Відновлення дороговартісних деталей автомобільного транспорту, таких як карданні вали, може бути доцільним з кількох причин:
- ▶ **1. Економія коштів:** Заміна карданного валу на новий може бути досить дорогою. Відновлення може зменшити витрати, особливо якщо вал не має критичних пошкоджень, які вимагають повної заміни.
- ▶ **2. Екологічність:** Відновлення старих деталей дозволяє зменшити обсяг відходів та потребу у виробництві нових компонентів, що сприяє збереженню ресурсів та зменшенню екологічного впливу.
- ▶ **3. Доступність запчастин:** Для деяких старих або рідкісних моделей автомобілів нові карданні вали можуть бути не доступні, тому відновлення стає єдиним варіантом для відновлення робочого стану транспортного засобу.
- ▶ **4. Якість:** Якщо відновлення виконано кваліфікованими фахівцями, якість відремонтованого карданного валу може бути порівнянною з новим. Важливо звернутися до надійної майстерні, де використовують якісні запчастини та обладнання.
- ▶ **5. Гарантії:** Нерідко на відновлені деталі надається гарантія, що може додати додаткову впевненість у тривалості та надійності ремонту.

Функції карданного валу

- ▶ **Компенсація зміни кутів:** Карданна передача дозволяє ведучому валу здійснювати ротацію при зміні кута відносно приймаючого валу. Це важливо для автомобілів і інших механізмів, де необхідно передавати рух з двигуна на ведучі колеса, що можуть змінювати своє положення під час руху через нерівності дорожнього покриття.
- ▶ **Зниження вібрацій та шуму:** Завдяки гнучкості карданної передачі вона може ефективно знижувати вібрації та шум, що виникають через дисбаланс або нерівномірність обертань між двигуном і колесами. Це забезпечує більш гладкий і тихий хід.
- ▶ **Можливість використання у великому діапазоні застосувань:** Від легкових автомобілів до важкої промислової техніки, карданні передачі можна зустріти у багатьох типах механізмів і вони важливі для забезпечення ефективності та надійності їх роботи.
- ▶ **Мінімізація зносу компонентів:** Карданні передачі допомагають мінімізувати знос механічних компонентів, зменшуючи прямі зіткнення і надмірний тиск, що можуть виникати при жорстких з'єднаннях.
- ▶ **Забезпечення постійного передавання потужності:** На відміну від інших типів з'єднань, карданні шарніри дозволяють передавати потужність безперервно, навіть коли ведучий і приймаючий вали не є колінеарними, що критично важливо для багатьох застосувань.

Кардана передача

КАРДАННИЙ ВАЛ



Вибір методу для відновлення поверхні шліців

- ▶ Автоматична наплавка під шаром флюсу. Дуга горить зануреною в масу флюсу під рідким шаром цього ж флюсу, створюючи газовий захист. Рідкий флюс захищає метал від атмосфери, значно знижуючи розбризкування, покращує формування шва, ефективність використання тепла дуги та матеріалу електроду.
- ▶ Автоматична наплавка в атмосфері захисних газів. Процес полягає у подачі вуглекислого газу в зону зварювання через спеціальні пальники на автоматичних зварювальних головках та апаратах. Газ із балона через трубку входить в сопло пальника, омиває наконечник і електродний дріт, витісняючи повітря та захищаючи наплавлену зону від азоту та кисню.
- ▶ Ручна наплавка. Вона виконується за допомогою покритого електроду на змінному чи постійному струмі, використовується для наплавлення менш важливих деталей. Коефіцієнт наплавки варіюється від 6 до 18 г/(А·год).
- ▶ Вібродугова наплавка виконується за допомогою дротяного електроду з частотою коливань від 50 до 110 за секунду. Амплітуда коливань електроду відносно деталі зазвичай становить від 1 до 3 мм. Вібрація електроду істотно впливає на якість наплавлення та на весь процес, надаючи переваги у порівнянні з традиційною електродуговою наплавкою.
- ▶ Різні методи відновлення дозволяють відновити деталі, але якість та вартість відновлення можуть відрізнитися. Тому для відновлення деталей вибирається спосіб, який забезпечує максимальний ресурс та мінімальні затрати на працю і матеріали, що називається раціональним або оптимальним.
- ▶ При виборі раціонального способу враховуються технологічні та економічні фактори. Спочатку аналізують усі способи з точки зору їх застосування для відновлення даної деталі.

Технічно – економічні критерії

Таблиця 1.5. Коефіцієнт довговічності

Місце відновлення деталі	Коефіцієнт довговічності при відновлення		
	Вібродугова наплавка	Наплавка в середовищі CO ₂	Наплавка під шаром флюсу
Шліцьове з'єднання	0,85 - 1	0,9 - 1	0,95 - 1

Таблиця 1.6. Техніко-економічні показники способів відновлення

Спосіб відновлення	Товщина шару наплавленого за прохід, мм	Продуктивність кг\год.	Собівартість (грама покриття)
Наплавка під шаром флюсу	0,5...20	1,8...4,5	0,308...0,337
Наплавка в середовищі захисних газів	0,8...4,0	1,56...4,4	0,242...0,474
Вібродугова наплавка	0,5...5,0	0,6...4,4	0,279...0,746

Таблиця 1.7. Техніко-економічні показники методів нанесення покриттів

Методи нанесення покриттів	Зниження опору в томи, %	Деформація виробу	Доля основного металу в покритті, %	Міцність зчеплення, МПа
Наплавка під шаром флюсу	15	значна	27-60	650
Вібродугова наплавка	35	незначна	8-20	500
В середовищі CO ₂	15	значна	12-45	550

Після ретельного аналізу переваг та недоліків, а також урахування виробничих можливостей, впливає, що **автоматична наплавка в середовищі захисних газів** є найбільш ефективним методом відновлення пари тертя.

Технологічний процес



Після процесу наплавлення шліцьовий вал проточують до необхідного розміру, обрізають напливи з кінців і формують фаски. Обробка виконується на токарно-гвинторізному верстаті

МЕТОДИ ПІДГОТОВКИ ПОВЕРХОНЬ ШЛІЦІВ

- ▶ Очищення: Видалення забруднень, іржі, старих покриттів та інших небажаних частинок з поверхні шліців. Це може бути виконано за допомогою механічних або хімічних методів, таких як піскоструминна або хімічна обробка.
- ▶ Знежирення: забезпечує видалення олій, жирів та інших органічних забруднювачів, які можуть перешкоджати адгезії відновлювальних матеріалів. Знежирення здійснюється за допомогою розчинників або спеціалізованих знежирювачів.
- ▶ Механічна обробка: Може включати шліфування або інші види обробки для створення необхідної шорсткості поверхні та видалення глибоких дефектів. Це покращує зчеплення та забезпечує кращу основу для наступного нанесення матеріалу.

НАПЛАВЛЕННЯ ШЛІЦІВ

- ▶ Для наплавлення шліцевих валів у середовищі вуглекислого газу вибирають наплавочний дріт Нп-50ХФА. Хімічний склад цього наплавочного дроту вказаний у таблиці 2.4. Відновлені шліци мають твердість HRC 43-50, в той час як заводські шліци мають твердість HRC 46. Це дозволяє уникнути необхідності в подальшому гартуванні шліців за допомогою струмів високої частоти.

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

C	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

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

ВЕРСТАТИ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ

- ▶ Для переміщення оброблюваної деталі на ремонтних підприємствах використовують токарний верстат, оснащений спеціальним механізмом для забезпечення поздовжньо-оберткових рухів. Деталь закріплюють у шпинделі або на центрах верстата, а зварювальну головку монтують на супорт. Універсальні наплавочні верстати серій У-651, У-652 тощо використовуються достатньо широко.
- ▶ Відстань від кінця сопла пальника до поверхні, що наплавляється, має бути в межах 7...15 мм. Кут нахилу пальника відносно вертикальної осі повинен бути від 5 до 150 градусів.

Таблиця 2.6. Режими наплавлення по довжині шліців

Діаметр електродного дроту, мм	Наплавочний струм, А	Напруга дуги, В	Швидкість наплавлення, м/год	Витрата газу, л/хв	Подача електродного дроту, P_E м/год
1,2	130	20	16	9	75

Відстань від мундштука до наплавочної поверхні, $L_M = 15$ мм.

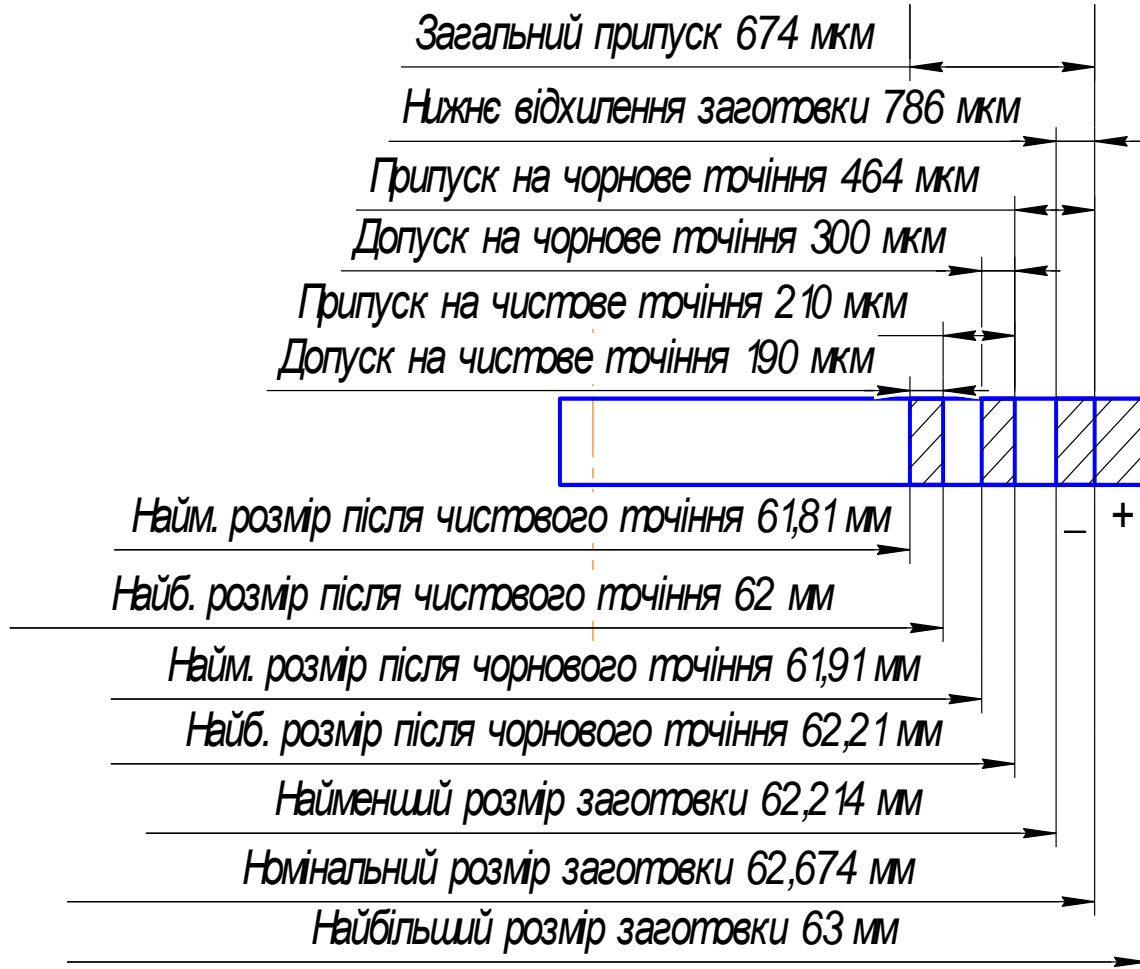
Таблиця 2.7. Режими наплавлення по колу шліців, що були наплавлені

Діаметр електродного дроту, мм	Наплавочний струм, А	Напруга дуги, В	Швидкість наплавлення, м/год	Витрата газу, л/хв
1,2	130	20	16	9
Крок наплавлення, мм	Зміщення з zenіту, мм		Подача електродного дроту, м/год	
3	3		75	

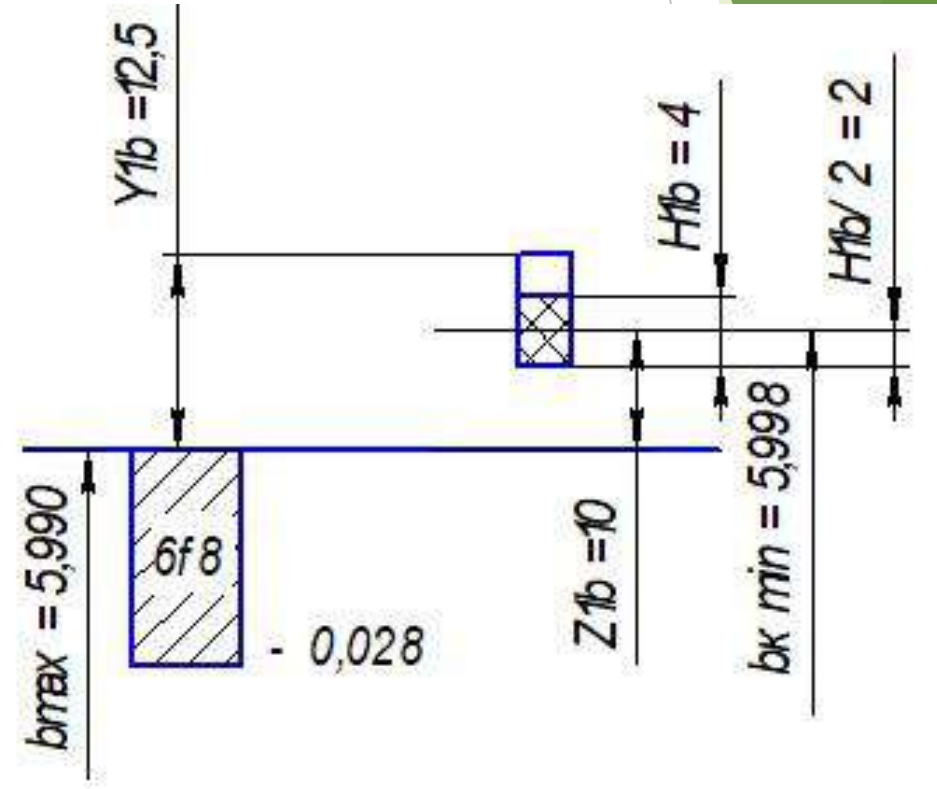
Відстань від мундштука до наплавочної поверхні, $L_M = 15$ мм.

- ▶ Важливо налаштувати витрату вуглекислого газу. Після регулювання, потрібно зачекати 30...40 секунд перед запалюванням дуги та початком наплавлення.
- ▶ При наплавленні шліцьового вала необхідно виконувати роботу по чергово по протилежних шліцьових канавках, що допомагає забезпечити рівномірний розподіл матеріалу та уникнення деформації вала.

Механічна обробка



- Ілюстраційна схема розташування полів припусків і допусків



- Схема розташування полів допусків