

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Структурутворення поверхневих шарів вал-шестерні редуктора
молотильного механізму комбайна під час відновлення»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 13В-23м
спеціальності 132 – «Матеріалознавство».

(шифр і назва спеціальності)

Євген ПРОКОПЧУК

(прізвище та ініціали)

« 12 » 12 2024 р.

Керівник: к.т.н., доцент каф. ГМ

Валерій ШЕНФЕЛЬД

(прізвище та ініціали)

« 12 » 12 2024 р.

Опонент: к.т.н., доцент кафедри АТМ

Віталій ОГНЕВИЙ

(прізвище та ініціали)

« 16 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ГМ

д.т.н., проф. Леонід ПОЛІЩУК

(прізвище та ініціали)

« 16 » 12 2024 р.

Вінниця - 2024 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет Машинобудування та транспорту
Кафедра Галузевого машинобудування
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 13 Механічна інженерія
Спеціальність – 132 – Матеріалознавство
Освітньо-професійна програма – Інтелектуальні технологічні системи в інженерії поверхні

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

 **Поліщук Л.К.**

«18» вересня 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Прокопчуку Євгену Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ВАЛ-ШЕСТЕРНІ РЕДУКТОРА МОЛОТИЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ КОМБАЙНА ПІД ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ

керівник роботи Шенфельд Валерій Йосипович, к.т.н., доц., каф. ГМ,
затверджені наказом вищого навчального закладу від “17” вересня 2024 року
№ 310

2. Строк подання студентом роботи «14» грудня 2024 року

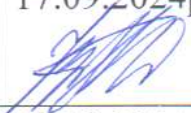
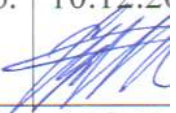
3. Вихідні дані до роботи: Робоче креслення вал-шестерні, програма відновлення N = 1000 шт.

4. Зміст текстової частини: Вступ; 1. Сучасний стан наукової проблеми і шляхи її вирішення; 2. Вплив швидкості наплавлення на структуру зносостійких високовуглецевих покриттів для роботи в умовах абразивного зношування; 3. Технологічні засади підвищення якості відновлення вал-шестерні редуктора молотильного механізму комбайну; 4. Конструкторська частина; 5. Економічний розділ; Висновки; Список використаних джерел; Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Робоче креслення деталі; 2. Ремонтне креслення деталі;

3. Плазматрон; 4. Установка з числовим програмним керуванням; 5. Робоче місце; 6. Процес відновлення вал-шестерні редуктора молотильного механізму комбайну.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	В.Й. Шенфельд к.т.н., доц., кафедри ГМ	17.09.2024р. 	10.12.20 
Економіка виробництва	Н.В. Буреннікова д.е.н., проф., кафедри ЕПВМ	16.10.2024р. 	6.12.20 

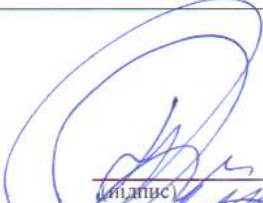
7. Дата видачі завдання «18» вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Прим
1	Формування та затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)	04.09.24 р.	вик
2	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР	26.10.2024 р.	вик
3	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР	30.10.24 р.	вик
4	Виконання розділу «Економіка виробництва»	06.12.24 р.	вик
5	Попередній захист МКР	10.12.24 р.	вик
6	Нормоконтроль МКР	17.12.24 р.	вик
7	Опонування МКР	16.12.2024 р.	вик
8	Захист МКР	18.12.2024 р.	вик

Студент

Керівник проекту


(підпис)

(підпис)

Прокопчук Є.О.

Шенфельд В.Й.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.791:681.5.015.23

Прокопчук Є.О. Структуроутворення поверхневих шарів вал-шестерні редуктора молотильного механізму комбайна під час відновлення. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 132 – матеріалознавство, освітня програма – інтелектуальні технологічні системи в інженерії поверхонь. Вінниця: ВНТУ, 2024. 97 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 30 назв; рис.: 14; табл. 23.

У магістерській кваліфікаційній роботі вдосконалено технологію відновлення робочих поверхонь вал-шестерні редуктора молотильного механізму комбайна з використанням електродугового наплавлення та напилення. У науковій частині роботи досліджено вплив швидкості наплавлення на структуру зносостійких високовуглецевих покриттів для роботи в умовах абразивного зношування. У технологічній частині розроблений технологічний процес відновлення робочих поверхонь вал-шестерні редуктора молотильного механізму та виконана розробка устаткування з числовим програмним керуванням на базі вузлів Festo.

Графічна частина складається з 6 креслень із результатами моделювання.

Ключові слова: вал-шестерня, структура, обробка, наплавлення, плазматрон, напилення.

ABSTRACT

Prokopchuk E.O. Structural formation of surface layers of the gear shaft of the threshing mechanism reducer of a combine during restoration. Master's qualification work in specialty 132 - materials science, educational program - intelligent technological systems in surface engineering. Vinnytsia: VNTU, 2024. 97 p.

In Ukrainian. Bibliography: 30 titles; Fig.: 14; Table. 23.

In the master's qualification work, the technology of restoration of working surfaces of the gear shaft of the threshing mechanism reducer of a combine using electric arc welding and spraying was improved. In the scientific part of the work, the influence of the welding speed on the structure of wear-resistant high-carbon coatings for operation under abrasive wear conditions was investigated. In the technological part, a technological process for restoring the working surfaces of the gear shaft of the threshing mechanism reducer has been developed and equipment with numerical program control based on Festo components has been developed.

The graphic part consists of 6 drawings with the results of modeling.

Keywords: gear shaft, structure, processing, surfacing, plasmatron, spraying.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВОЇ ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ.....	11
1.1 Вплив структури поверхні тертя на зносостійкість матеріалу	11
1.2 Високовуглецеві покриття на сталевих деталях	17
1.3 Висновки та постановка задач дослідження.....	20
2. ВПЛИВ ШВИДКОСТІ НАПЛАВЛЕННЯ НА СТРУКТУРУ ЗНОСОСТІЙКИХ ВИСОКОВУГЛЕЦЕВИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ РОБОТИ В УМОВАХ АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ	21
2.1 Формування на сталевих деталях зносостійких високовуглецевих покриттів для роботи в умовах абразивного зношування.....	21
2.2 Вплив швидкості наплавлення на структуру зносостійкого високовуглецевого покриття	21
2.3 ДюрOMETричний аналіз наплавлених зносостійких високовуглецевих покриттів	28
2.4 Висновки до розділу 2.....	30
3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛ-ШЕСТЕРНІ РЕДУКТОРА МОЛОТИЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ КОМБАЙНУ	32
3.1 Призначення деталі.....	32
3.2 Якісний аналіз.....	35
3.3 Кількісний аналіз.....	36
3.4 Розробка схеми вимірювання зносу, дефектування та технічного контролю якості відновленої деталі.....	37
3.5 Вибір та технічне обґрунтування методів відновлення поверхонь Вал - шестерні редуктора	38
3.6 Формування маршруту відновлення Вал - шестерні редуктора	38

3.7 Розрахунок припусків на переходи механічної обробки Вал - шестерні редуктора молотильного механізму комбайну	41
3.8 Призначення режимів попередньої обробки та після нанесення покриття.....	41
3.9 Призначення режимів нанесення покриття.....	42
3.10 Нормування операцій технологічного процесу.....	44
3.11 Розробка конструктивної схеми установки з числовим програмним керуванням для плазмового напилення.....	44
3.12 Вибір виконавчих механізмів для автоматизованого пересування деталей	48
3.13 Висновки розділу 3.....	51
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	52
4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки	52
4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи	58
4.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки.....	66
4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	68
4.5. Висновки до економічного розділу.....	71
ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	73
ДОДАТКИ.....	77
Додаток А (обов'язковий). Технічне завдання.....	78
Додаток Б (обов'язковий). Графічна частина	85
Додаток В (обов'язковий). Специфікації	93
Додаток Г (обов'язковий). протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	96

ВСТУП

Актуальність теми. Для отримання зносостійких покриттів з гарними механічними властивостями використовують матеріали, що мають значну вартість та складну технологію їх виготовлення. Тому шукають такі матеріали та технології, які б мали малу вартість та дозволяли отримувати покриття із заданими властивостями. Цим вимогам відповідають технології наплавлення, що використовують вуглецеві волокнисті матеріали. Використання вуглецевих волокнистих матеріалів дозволяє отримати на поверхнях деталей машин зносостійкі високовуглецеві покриття з гарними механічними властивостями. При цьому підвищується термін експлуатації деталей та вдається спростити технологію наплавлення. Тому дослідження в межах розв'язання означеної науково-технічної задачі є актуальними.

Метою роботи є підвищення якості відновлення робочих поверхонь Вал - шестерні редуктора молотильного механізму комбайну шляхом експериментальних та теоретичних досліджень впливу швидкості наплавлення на структуру та показники твердості зносостійкого високовуглецевого покриття.

Задачі дослідження:

- вивчення питань впливу структури поверхні тертя на зносостійкість матеріалу та наплавлення високовуглецевих покриттів на сталевих деталях;
- ДюрOMETричні дослідження нанесеного покриття;
- Мікроструктурний аналіз нанесеного покриття.
- Дослідження впливу швидкості наплавлення на час існування зварювальної ванни в рідкому стані.
- Розробка технології наплавлення для підвищення якості відновлення Вал - шестерні редуктора молотильного механізму комбайну.

Об'єкт дослідження – процеси пов'язані з розробкою технології наплавлення для підвищення показників якості відновлення Вал - шестерні редуктора молотильного механізму комбайну.

Предмет дослідження – механізм впливу швидкості наплавлення на час існування зварювальної ванни в рідкому стані, структуру та показники твердості наплавленого шару. Встановлення можливості отримання покриття з заданою структурою для роботи в умовах абразивного зношування.

Методи дослідження. Дані задачі були розв'язані за допомогою експериментальних досліджень, мікроструктурного та дюрOMETричного аналізів.

Наукова новизна. Під час виконання роботи вдалося отримати результати які мають наукову новизну. А саме:

- Дослідження показали, що шляхом зміни часу існування зварювальної ванни в рідкому стані можливо керувати процесами структуроутворення наплавленого високовуглецевого покриття, його показниками твердості та зносостійкості
- Встановлено, що твердість наплавленого шару збільшується від поверхні вглиб, що підвищує показники зносостійкості в процесі роботи відновленої деталі.

Практичне значення одержаних результатів.

Автором розроблена технологія наплавлення високовуглецевих покриттів для роботи в умовах абразивного зношування. Запропонована технологія є економічно вигідною та дозволяє отримати покриття із заданими механічними властивостями.

Особистий внесок здобувача. Автор брав участь у розробці технології наплавлення покриттів; проведенні експериментальних досліджень, виготовленні мікрошліфів, мікроструктурному аналізі, дюрOMETричних дослідженнях.

Постановка мети, наукових задач, вибір об'єктів досліджень, обговорення одержаних результатів виконано спільно з науковим керівником.

1. СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВОЇ ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

1.1 Вплив структури поверхні тертя на зносостійкість матеріалу

1.1.1 Загальні питання впливу структури поверхні тертя на зносостійкість

В роботах [1,2] пропонується два шляхи створення зносостійких сплавів:

- створення матеріалів з такою структурою, яка б поглинала енергію та розсіювала її за рахунок зворотних фазових та структурних перетворень;
- створення матеріалів з термостабільною структурою, яка б розсіювала енергію тепловими полями.

В першому випадку при відповідних умовах тертя в поверхневих шарах здійснюються структурні та фазові перетворення. В наслідок чого зносостійкість поверхонь тертя визначається кінетикою зворотніх структурних перетворень. За рахунок принципу синергетики довговічність структури визначається здатністю швидкої перебудови в сприятливу для данного етапу роботи та умов тертя [2].

При створенні зносостійких сплавів евтектичного класу (з термостабільною структурою) довговічність визначається малою енергією межфазових границь та температурним порогом стійкості структур. Такі сплави називаються композиційними матеріалами.

Дослідження систем евтектичного класу дозволили встановити зв'язок характеристик зносостійкості з діаграмою стану [3-6]. В умовах абразивного зношування видно, що мінімальна інтенсивність зношування співпадає з евтектичним складом (Рис. 1.1).

В роботі [3] встановлено, при терті ковзання в поверхневих шарах можливе протікання як прямого $\gamma \rightarrow \alpha$, так і зворотнього $\alpha \rightarrow \gamma$ мартенситного перетворення. Аустеніт, який утворився внаслідок $\alpha \rightarrow \gamma$ перетворення,

відрізняється завдяки спадковості дефектів вихідного мартенситу та підвищення вмісту легувальних елементів.

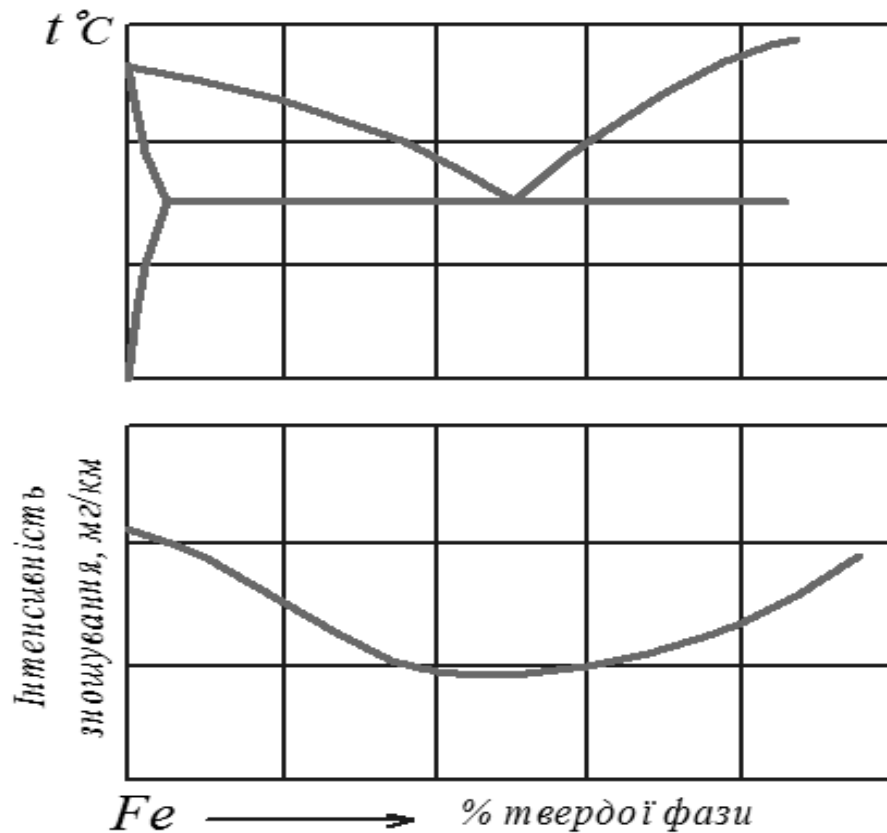


Рисунок 1.1 – Зміна інтенсивності зношування сплавів евтектичних систем при абразивному зношуванні [5]

Завдяки високому ступеню легованості аустеніт, що утворився в поверхневих шарах, дуже стійкий та при наступному охолодженні не перетворюється.

В роботі [6] автори стверджують що властивості аустенітно – мартенситного, аустенітно – карбідного та аустенітно-мартенситно-карбідного сплавів при однаковій кількості аустеніту суттєво відрізняються. При аустенітно-карбідній структурі зносостійкість в умовах абразивного середовища збільшується при зміні складу карбідної фази типу Me_7C_3 на $Me_{23}C_6$ за рахунок того, що у фазі $Me_{23}C_6$ решітка більш когерентно пов'язана з аустенітною основою [7].

В роботах [8,9] досліджено вплив залишкового аустеніту та твердої надлишкової фази на зносостійкість наплавлених сплавів.

Сплави з високою початковою твердістю взагалі мають більшу зносостійкість, але виключенням з цього загального правила є сплави, у структурі яких утворюється значна кількість залишкового аустеніту. У процесі зношування таких сталей з метастабільною аустенітною структурою під впливом енергії процесу тертя на поверхні може відбуватися утворення мартенситу деформації [8,9].

Цей процес тісно пов'язаний з перерозподілом витрат енергії, тобто її дисипацією, яка здійснює запуск механізмів, які зміцнюють робочу поверхню деталей, що зношуються. В тому ж разі, не зовсім ясно коли і як, за яких умов може відбуватися реальне підвищення зносостійкості та що треба робити у випадках коли цього не трапляється. Складність прогнозу оптимального структурно-фазового стану наплавленого сплаву, по-перше обумовлено складним механізмом абразивної руйнації, а по-друге також пов'язана з причиною відсутності чітких критеріїв і методів, за якими можна достовірно оцінювати здатність матеріалів до опору зношуванню, посилаючись на його фізико-механічні властивості, хімічний склад та структуру металу. Тому задача вивчення впливу залишкового аустеніту та твердої надлишкової фази на зносостійкість наплавлювальних сплавів є дуже актуальною та нагальною науковою проблемою.

Здатність до адаптації сталей і сплавів у відповідності до зовнішніх механіко-енергетичних впливів, що призводять до мартенситного ($\gamma \rightarrow \alpha$) перетворення, залежить від температури мартенситної точки, що у значній мірі визначається вмістом вуглецю і легувальних елементів у твердому розчині. Утворення мартенситу деформації супроводжується складними змінами у кристалічній ґратці метастабільного аустеніту. При зовнішньому силовому впливі в процесі зношування метал робочої поверхні отримує енергію, необхідну для ($\gamma \rightarrow \alpha$) перетворення [8]. Значний вплив на зміцнення

аустеніту, його стабільність відносно динамічних деформаційних мартенситних перетворень і, відповідно, властивості сплавів з нестабільним аустенітом здійснює попередня холодна та гаряча пластичні деформації. В залежності від режиму їх проведення вони можуть стабілізувати чи дестабілізувати аустеніт і неоднозначно впливати на властивості [8]. Для зменшення кількості залишкового аустеніту та його стабілізації використовують такі технологічні прийоми: зниження температури нагріву під загартування; обробка холодом; старіння для виділення фаз; деформація для отримання дефектів упаковки, невеликої кількості мартенситних фаз та збіднення аустеніту легувальними елементами [8].

В роботі [8] розглядався вплив різноманітного структурного стану металевої матриці залізовуглецевих сплавів на параметри зносостійкості при абразивному зношуванні. Підвищення вмісту карбідної фази у феритній матриці (відпалений стан) природно збільшує твердість і зносостійкість сплавів (рисунок 1.2 а) [8].

Зносостійкість ε мартенситних зразків однозначно визначається твердістю (рис.1.2 б). Причому не має значення, чим викликане зниження твердості мартенситу - недостатнім вмістом вуглецю (гартування без відпуску мало- і середньовуглецевих сталей) чи відпуском гартованих вуглецевих (до У8) сталей [8].

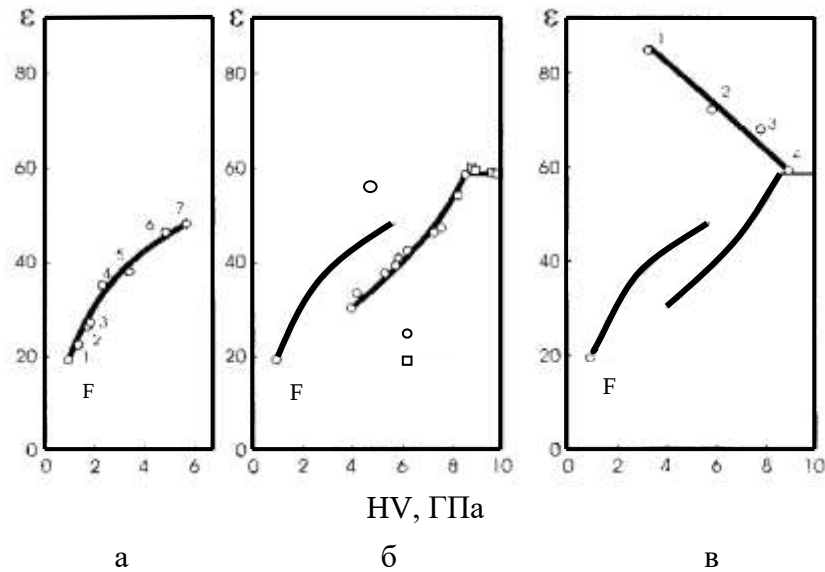


Рисунок 1.2 – Відносна зносостійкість (ϵ) в залежності від твердості (HV) сплавів системи Fe-C: а - відпалені сталі (1 - Ст3; 2 - сталь 45; 3 - У8; 4 - У12) і сплави (5 - 2,0 %C; 6 - 3,3 %C; 7 - 4,3 %C); б - доевтектоїдні стадії зі структурою мартенситу (1) і заевтектоїдні сталі і сплави після гартування на мартенсит (2); в - сплав 2,0 %C після гартування від різної температури (температура гартування: 1-1130°C; 2 - 985°C; 3 - 930°C; 4- гартування на мартенсит) [8]

1.1.2 Зносостійкість сплавів із структурою мартенсит + карбіди

Зносостійкість усіх загартованих на мартенсит заевтектоїдних сплавів зі вмістом вуглецю до 4,3% однакова (горизонталь на рис.1.2 б) і знаходиться на одному рівні зі зносостійкістю гартованої сталі У8. Незважаючи на більш високу у порівнянні з мартенситом, твердість цементит не збільшує зносостійкість гартованих заевтектоїдних сталей і чавунів, що пов'язано зі зміцненням мартенситу в процесі зношування. Відпуск, який приводить до виділення вуглецю з мартенситу, помітно знижує його здатність до зміцнення. Тому зміцнений у процесі зношування невідпущений мартенсит і цементит мають приблизно рівну зносостійкість, незважаючи на трохи більшу вихідну твердість останнього [8].

1.1.3 Вплив залишкового аустеніту на зносостійкість залізовуглецевих сплавів

Вплив аустеніту на зносостійкість чітко виявляється на сплавах, структура яких після відповідної термічної обробки має максимально можливу кількість залишкового аустеніту без надлишкових карбідів.

З підвищенням температури гартування (рис.1.2 в) твердість заевтектоїдних сплавів знижується через збільшення в структурі кількості залишкового аустеніту. Зносостійкість при цьому, навпаки, зростає. Максимум зносостійкості досягається при гартуванні від 1130 °С сплаву зі вмістом вуглецю 2,0%, коли в структурі присутня максимально можлива кількість залишкового аустеніту.

Вивчення впливу структури на зносостійкість сталей в умовах абразивного тертя показали, що мінімальну зносостійкість має ферит, потім перліт та продукти розпаду мартенситу – сорбіт, тростит, бейніт. Практичне їх застосування для підвищення зносостійкості, в умовах абразивного зношування, не рекомендується – їх твердість низька. Структурою, здатною виконувати роль матриці сплаву, є залишковий метастабільний аустеніт, що зазнає $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення з про шарком мартенситу деформації мікротвердістю $H_{50}=8-9$ ГПа. Для забезпечення високої зносостійкості сплав повинен містити 50-80% зміцнюючої фази, розташованої в аустенітно – мартенситній матриці при співвідношенні М/А=80/20...60/40.

Таким чином, з усіх структур залізовуглецевих сплавів максимальну зносостійкість в умовах абразивного тертя має залишковий аустеніт, незважаючи на свою невисоку вихідну твердість, що значно нижче твердості як мартенситу, так і цементиту [8].

1.2 Високовуглецеві покриття на сталевих деталях

Високовуглецеві покриття переважно створюють на основі тугоплавких металів. Основні методи створення таких покриттів: наплавлювання, напилювання, синтез у режимі СВС-процесу та інші методи.

Для підвищення зносостійкості у виробництві використовується багато способів та методів наплавлення високовуглецевих шарів. Це методи лазерного [10-12], електронно-променевого, плазмового, електродугового наплавлення [13-16].

Широкого поширення набуло для зміцнення робочих поверхонь та підвищення ресурсу роботи деталей широке застосування набули наступні наплавочні матеріали: електроди ЦН-29, Т-590, Т-620; наплавні порошкові дроти ПП-АН-123, ПП-АН-125, ПП-Ни-8020РЗТ-Н-С-32, ППС-У30Х25С2РГ-0, ПП-102, ПП-226 та порошкові стрічки ПЛ-628 і ПЛ-634 [17,18]; сплави типу «сормайт», ПГ-УС-25, ФБХ-6-2 [19]; та інші.

В Україні для наплавлення застосовують, в основному, високохромисті сплави, а за кордоном - сплави на основі карбіду вольфраму [18].

Високу зносостійкість при абразивному зношуванні мають сплави, у яких карбідна фаза складає 25...30 %. При цьому як найкращою структурою наплавленого металу є аустенітно - мартенситна матриця (основа) з карбідами.

У роботі [20] розглядається метод науглецювання шляхом індукційного наплавлення з наступним оплавленням нанесеного покриття з використанням графітового електроду. Досліджувались зміни структури та властивостей наплавленого твердого сплаву ПГ-С27 після додаткової дії на нього електричної дуги графітового електроду.

Під час використання електричної дуги зворотної полярності на постійному струмі ($I = 80 \text{ A}$, $U = 25 \text{ B}$) для переплавлення графітовим електродом здійснюється науглецювання поверхневого шару [20].

На рисунку 1.3 приведені структури шару твердого сплаву ПГ-С27 на сталі 65Г, що утворилися після індукційного наплавлення (а) і після додаткового переплаву під дією дуги графітового електрода (б).

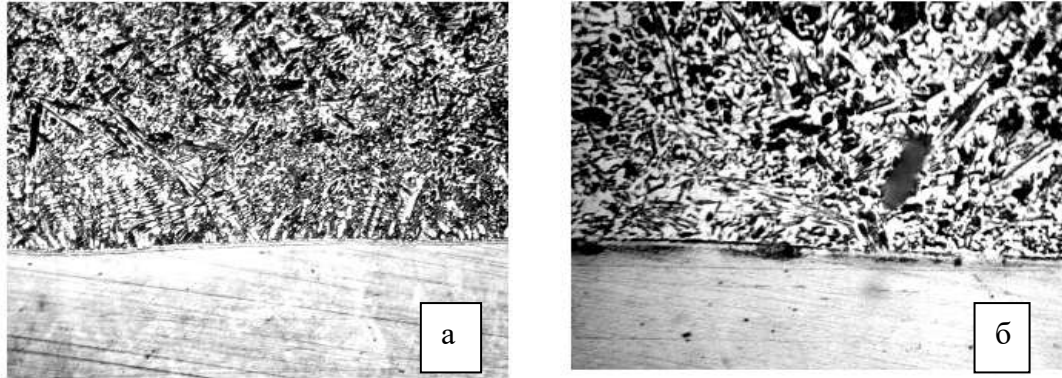


Рисунок 1.3 – Структура наплавленого шару до (а) і після його переплавлення електричною дугою графітового електрода (б)

Наплавлений шар без переплавлення (тільки одне індукційне наплавлення) має структуру високолегованого заевтектичного білого чавуну. В зоні сплавлення спостерігається структура доевтектичних чавунів (рис. 1.3 а).

Після впливу дуги графітового електрода (рис. 1.3 б) - в наплавленому шарі відсутні небажані структури доевтектичної зони. Розмір карбідних включень зменшується, а їх форма більше наближається до витягнутої ланцетовидної.

Недоліки даного методу науглецювання такі: 1. Неможливість нанесення наплавної шихти на деталі циліндричної форми. 2. Дороговизна присадного матеріалу ПГ-С27. 3. Невелика глибина науглецюваного шару. 4. Наявність додаткової операції індукційного наплавлення перед безпосереднім науглецюванням нанесеного покриття, що призводить до підвищення собівартості та тривалості процесу.

У роботі [21] розглядався СВС-процес зміцнення сумішшю порошків Ti (68%), вуглецю у вигляді сажі (18%) і Fe (14% за масою) що змочувалася

розчином 2% латексу у бензині, за рахунок використання технології лазерного поверхневого зміцнення одночасно для нагрівання, оплавлення і науглецьовування заліза та для оплавлення частинок Ti і його "горіння" у вуглеці із утворенням карбідів TiC .

Ця суміш наносилася на поверхню вуглецевих сталей марок 10 і 20 і підсушувалася на повітрі, утворюючи шар товщиною 200 або 500 мкм.

Термохімічні розрахунки показали, що у такій суміші практично весь Ti взаємодіє із вуглецем за рахунок безкисневого горіння, утворюючи карбіди Ti (рис 1.4).

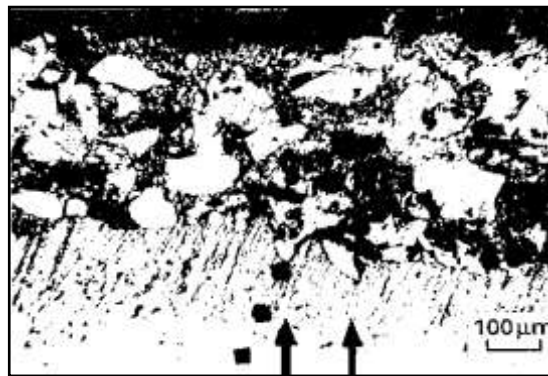


Рисунок 1.4 – Мікроструктура зміцненого шару із напівоплавленими частинками TiC

За допомогою даної технології можливо нарощувати зношені поверхні шаром до 0,5 мм.

Недоліками даного методу науглецьовування є: складність та дороговизна обладнання; невелика товщина нарощування зношеної поверхні.

У роботі [22] був запропонований метод науглецьовування поверхневого шару за допомогою вугільного електроду. При тимчасовому контакті графітового електрода з деталлю вуглець з електрода переходить в метал основи, на поверхні якого утворюється шар твердого цементиту. Кожний цикл має наступні періоди: коротке замикання, електричний розряд і холостий хід.

На відновленій поверхні с заданим періодом утворюються лунки які накладаються одна на одну утворюючи валик шириною близько 0,5 мм

Зміцнена поверхня глибиною до 0.1 мм містить $4,0 \div 4,5\%$ С, та має твердість $HRC = 60 \div 62$.

Недоліками даного методу науглецьовування є: складність та дороговизна обладнання яке використовується для данного методу; незначна товщина науглецьовування; немає можливості нарощування зношеної поверхні.

1.3 Висновки та постановка задач дослідження

Аналіз наукових праць українських та закордонних вчених щодо отримання високовуглецевих зносостійких покриттів на сталевих деталях, які працюють в умовах абразивного зношування дозволив зробити такі висновки:

1. В умовах абразивного зношування високу зносостійкість показали структури з твердими карбідними включеннями які знаходяться в аустенітній матриці.

2. Широко застосовуються наплавлення високовуглецевих покриттів типу сормайт, що мають такі недоліки: невисока тріщиностійкість, висока крихкість, та утруднення відновлення зношених поверхонь.

3. Технології, що використовуються для отримання високовуглецевих покриттів, малопродуктивні та енергозатратні. Твердість отриманих покриттів зменшується від поверхні в глиб. Це призводить до нерівномірного зношування поверхонь під час роботи.

Тому необхідно розробити таку технологію нанесення зносостійких покриттів та підібрати такі матеріали, які б забезпечували високу економічну ефективність, продуктивність процесу та дозволяли отримання покриттів із заданими фізико – механічними та триботехнічними властивостями значної товщини.

2. ВПЛИВ ШВИДКОСТІ НАПЛАВЛЕННЯ НА СТРУКТУРУ ЗНОСОСТІЙКИХ ВИСОКОВУГЛЕЦЕВИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ РОБОТИ В УМОВАХ АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ

2.1 Формування на сталевих деталях зносостійких високовуглецевих покриттів для роботи в умовах абразивного зношування

Розробка технології нанесення зносостійких покриттів для роботи у визначених умовах зношування є складною задачею. Поки що не достатньо досліджено вплив кількості карбідної фази та структури наплавленого високовуглецевого покриття, на його здатність до опору зношуванню [23].

На показники зносостійкості в умовах абразивного зношування впливає твердість та співвідношення структурних складових нанесеного покриття: аустеніту, мартенситу та кількості карбідної фази. Наплавлене покриття, структура якого складається з перліту з невеликою кількістю карбідної фази, та покриття з аустенітною або мартенситною структурами мають незначну зносостійкість в умовах абразивного зношування. Високу зносостійкість в умовах абразивного зношування мають високовуглецеві покриття в яких кількість мартенситу складає десь 70...80%, а аустеніту - 30...20% та присутня невелика кількість карбідної фази (цементит, ледебурит) [24].

2.2 Вплив швидкості наплавлення на структуру зносостійкого високовуглецевого покриття

Структура зносостійкого високовуглецевого покриття та розмір карбідів залежать від швидкості охолодження наплавленого металу під час кристалізації.

Швидкість охолодження взаємно пов'язана з часом існування рідкої зварювальної ванни.

Час існування рідкої зварювальної ванни рекомендується визначати за формулою [1]:

$$T_p = L / V_{\text{напл}} , \quad (2.1)$$

де: L - довжина зварювальної ванни;

$V_{\text{напл}}$ – швидкість наплавлення.

Як бачимо з формули 2.1, зміна швидкості наплавлення змінює час існування зварювальної ванни в рідкому стані та відповідно швидкість охолодження металу покриття, що впливає на її структуру. Було досліджено вплив швидкості наплавлення ($V_{\text{напл.}} = 26; 23; 20$ м/год) на час існування рідкої зварювальної ванни та на структуру високовуглецевого покриття: наплавленого металу, зони сплавлення та основного металу в зоні термічного впливу.

На кожен комплект зразків, які виготовлялись зі сталі 40Х, виконувалось наплавлення так, щоб швидкість наплавлення для кожного комплекта зразків зменшувалась. Високовуглецеве покриття створювалось шляхом наплавлення, на установці для наплавлення в середовищі захисних газів УД-209М, комбінуванням наплавного дроту Нп-30ХГСА та вуглецевої тканини марки УУТ-2 ТУ6-06 И 78-85 із щільністю 250 г/м² (рис. 2.1).

Наплавлення проводилось на таких режимах:

1. Діаметр дроту – 1,4 мм.
2. Напруга на дузі – 28 В.
3. Сила струму – 104 А.
4. Швидкість подачі дроту – 98 м/год.
5. Швидкість наплавлення – 20, 23, 26 м/год.

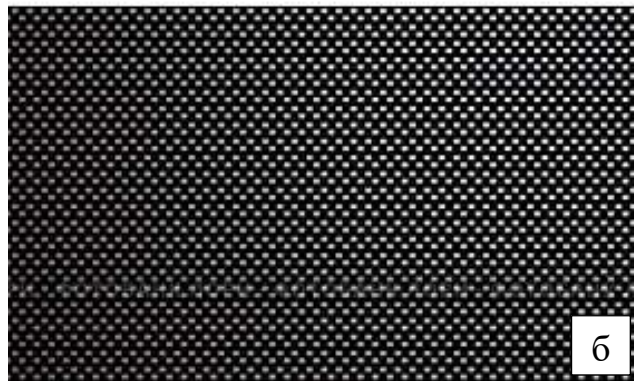
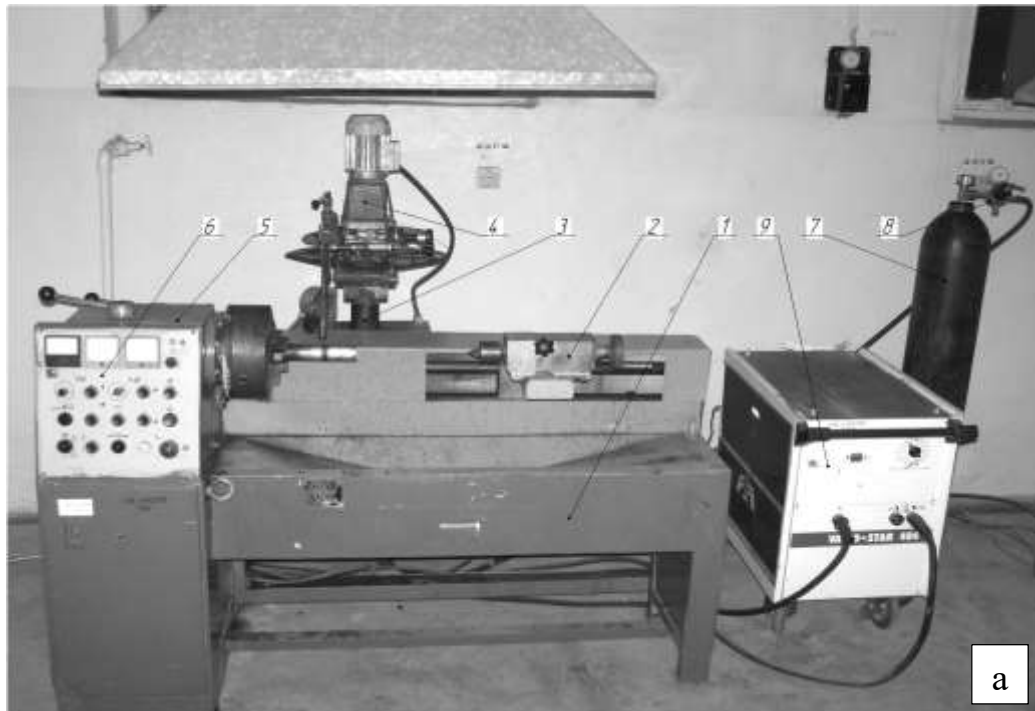


Рисунок 2.1 – Установка для наплавлення УД-209М (а) та вуглецева тканина марки УУТ-2 (б)

В таблиці 2.1 показані значення часу існування зварювальної ванни в рідкому стані.

Таблиця 2.1 – Час існування рідкої зварювальної ванни при швидкості наплавлення

$V_{\text{напл}}=26$ м/год	$V_{\text{напл}}=23$ м/год	$V_{\text{напл}}=20$ м/год
0,8	1	1,2

2.2.1 Наплавлені зносостійкі високовуглецеві покриття з мартенситно - аустенітно - ледебуритною структурою

Мікроструктурний аналіз проводився з використанням електронної мікроскопії на мікроскопі РЕМ-106И (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 - Мікроскоп РЕМ-106И

Як було зазначено, високу зносостійкість в умовах абразивного зношування показують залізовуглецеві сплави з мартенситно-аустенітно - ледебуритною структурою. При швидкості наплавлення 20 м/год (час існування зварювальної ванни в рідкому стані 1,2 секунди) наплавлене покриття складається з двох шарів.

Верхній шар складається з ледебуриту, мартенситу (кількість 20-30%) та аустеніту (Рис. 2.3).

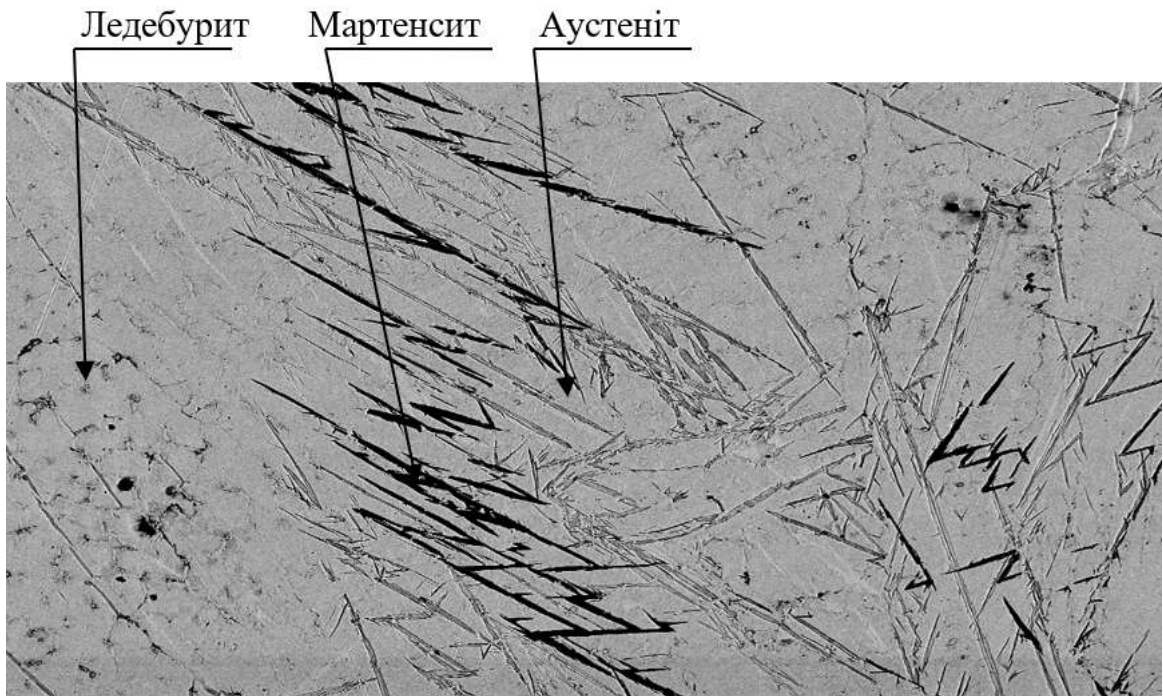


Рисунок 2.3 – Мікроструктури верхнього шару наплавленого високовуглецевого покриття при $V_{\text{напл}}=20\text{м/год}$ (x200)

Перехідна зона отриманого покриття складається з дрібної цементитної сітки, яка охоплює пластинки високовуглецевого мартенситу (рис. 2.4).

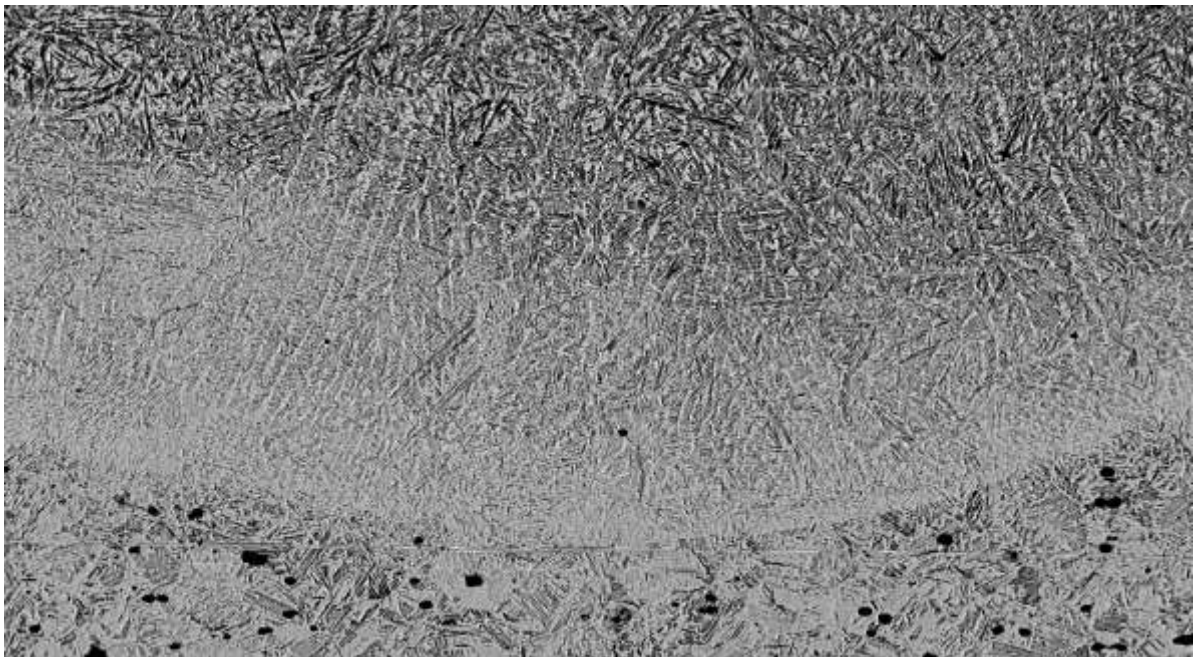


Рисунок 2.4 – Мікроструктури перехідної зони наплавленого високовуглецевого покриття при $V_{\text{напл}}=20\text{м/год}$ (x200)

Збільшення швидкості наплавлення до 23 м/год, збільшує показники швидкості охолодження рідкої ванни. Структурні перетворення отриманого високовуглецевого покриття подібні до перетворень, що відбуваються при швидкості наплавлення 20 м/год. При цьому кількість мартенситу зменшується до 5...10% (рис. 2.5).

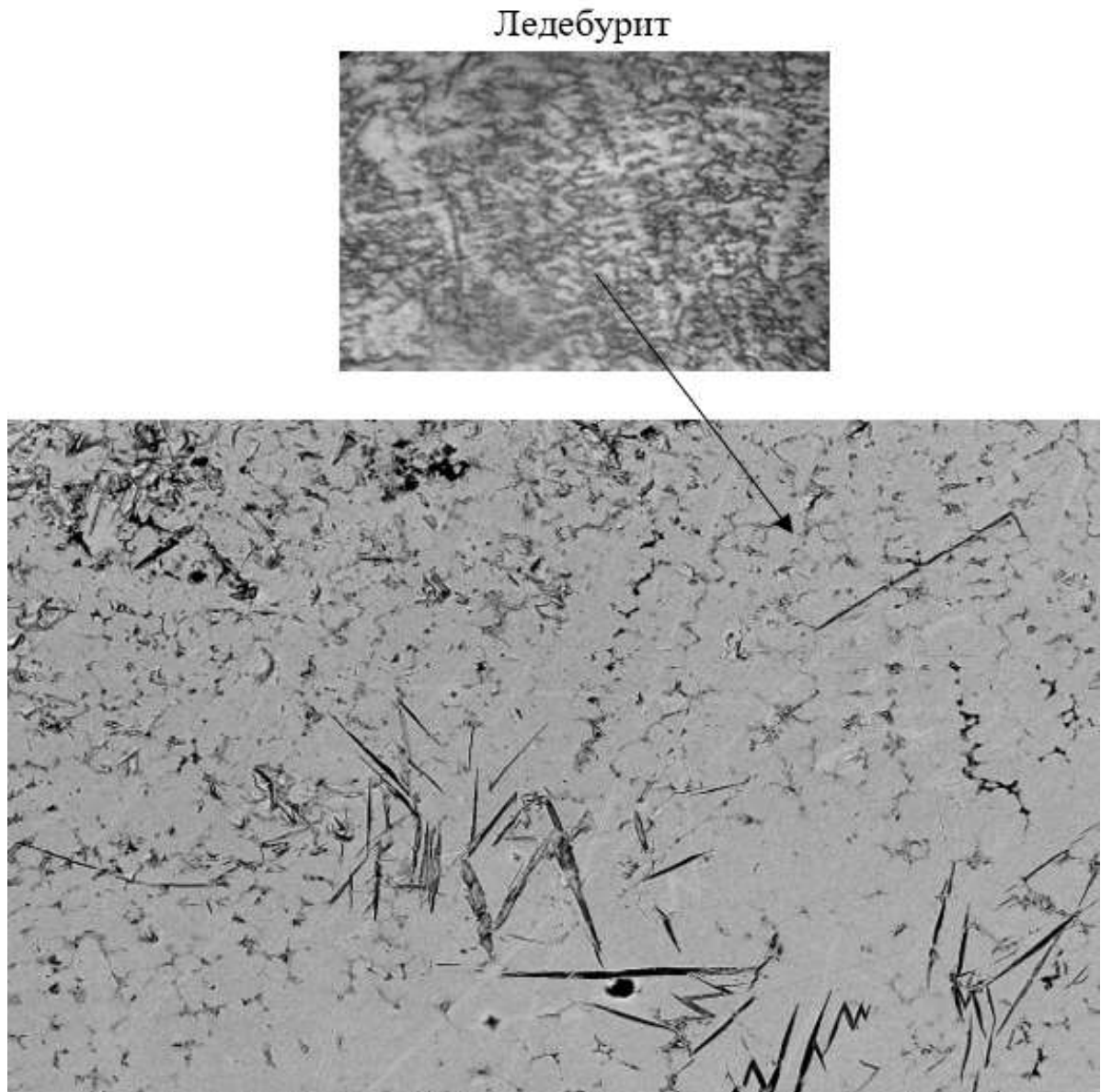


Рисунок 2.5 – Мікроструктури наплавленого зносостійкого високовуглецевого покриття при $V_{\text{напл}}=23$ м/год

Перехідна зона складається з залишкового аустеніту та пластинчастого високовуглецевого мартенситу та аустеніту (рис. 2.6).

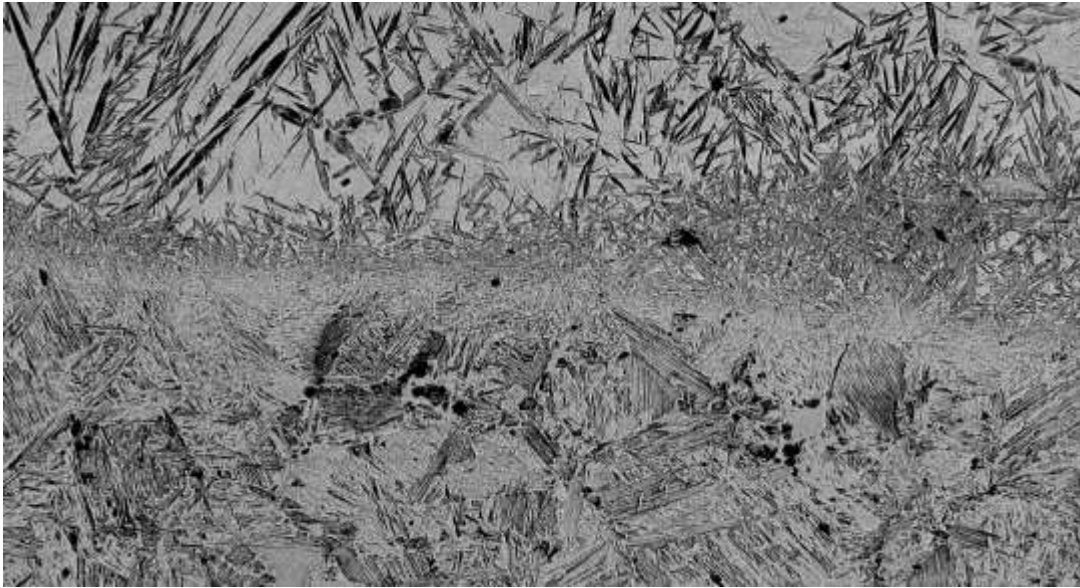


Рисунок 2.6 – Мікроструктури перехідної зони зносостійкого високовуглецевого покриття при $V_{\text{напл}}=23$ м/год (x200)

2.2.2 Наплавлені зносостійкі високовуглецеві покриття з ледебуритною структурою

При швидкості наплавлення 26 м/год зносостійкі високовуглецеві покриття отримують структуру білого чавуну (Рис. 2.7).

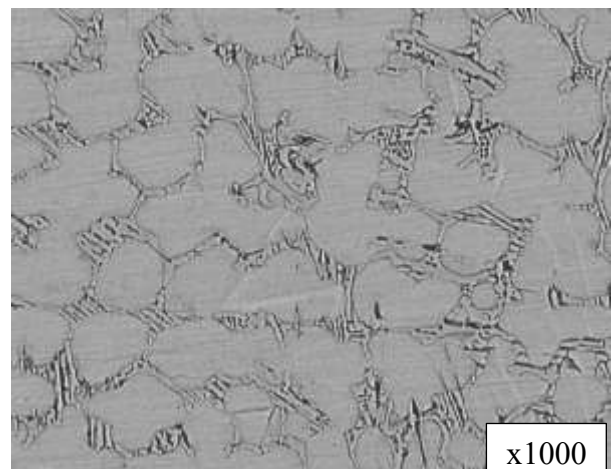
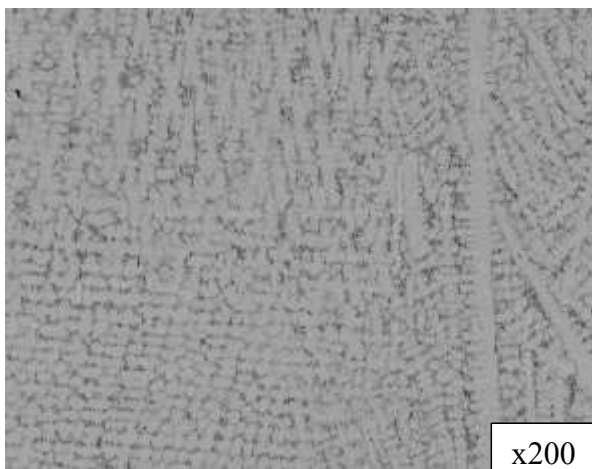


Рисунок 2.7 – Мікроструктури наплавленого зносостійкого високовуглецевого покриття при $V_{\text{напл}}=23$ м/год

Структура перехідної зони складається з високовуглецевого мартенситу та незначної кількості аустеніту (рис. 2.8).

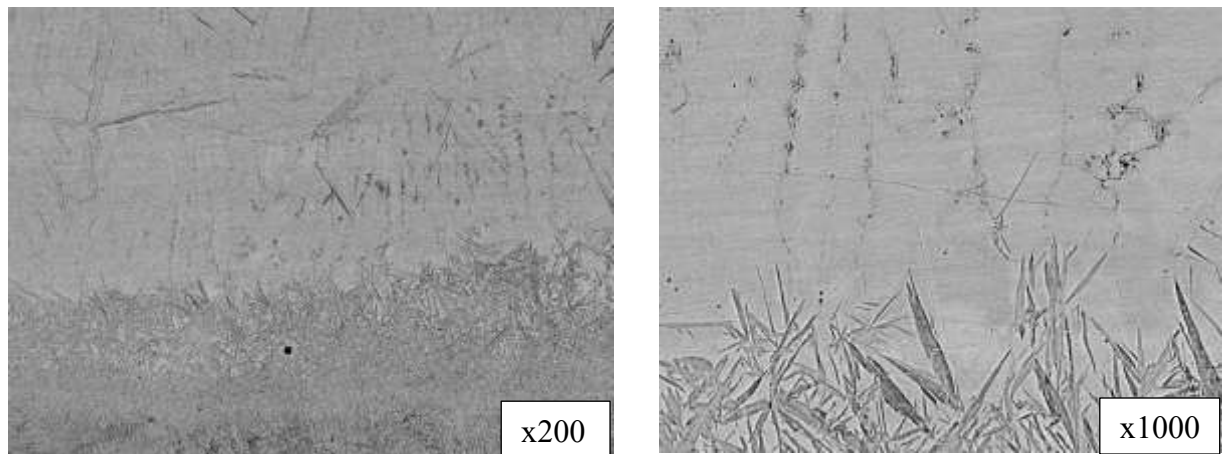


Рисунок 2.8 – Мікроструктура перехідної зони наплавленого високовуглецевого покриття при $V_{\text{напл}}=23$ м/год

2.3 ДюрOMETричний аналіз наплавлених зносостійких високовуглецевих покриттів

Для визначення якісних показників отриманих зносостійких покриттів проведені дюрOMETричні випробування. Мікротвердість структурних складових наплавленого шару визначали на приладі марки ПМТ-3 (рис.2.9).



Рисунок 2.9 – Мікротвердомір ПМТ-3

Результати вимірювань мікротвердості показані на рисунку 2.10.

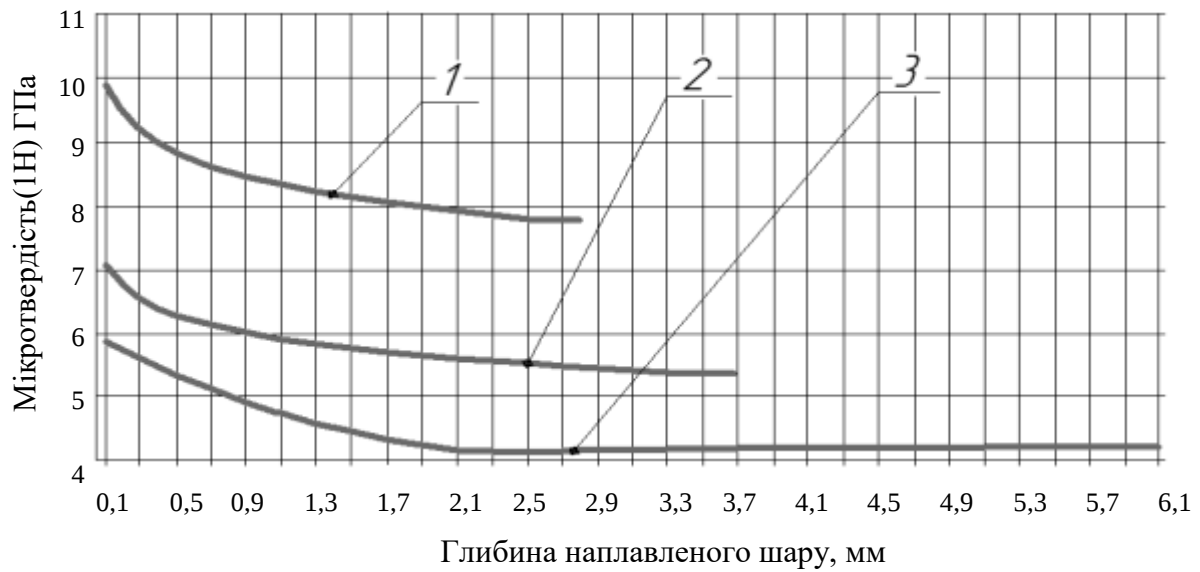


Рисунок 2.10 - Зміни мікротвердості наплавленого шару від основи до поверхні покриття при швидкостях охолодження: 1) $V_{\text{напл}} = 26 \text{ м/год}$; 2) $V_{\text{напл}} = 23 \text{ м/год}$; 3) $V_{\text{напл}} = 20 \text{ м/год}$

Твердість наплавленого шару по глибині визначали на твердомірі ТК-2М (рис.2.11).



Рисунок 2.11 - Твердомір ТК-2М

Результати вимірювань твердості за методом Роквелла показано на Рис. 2.12.

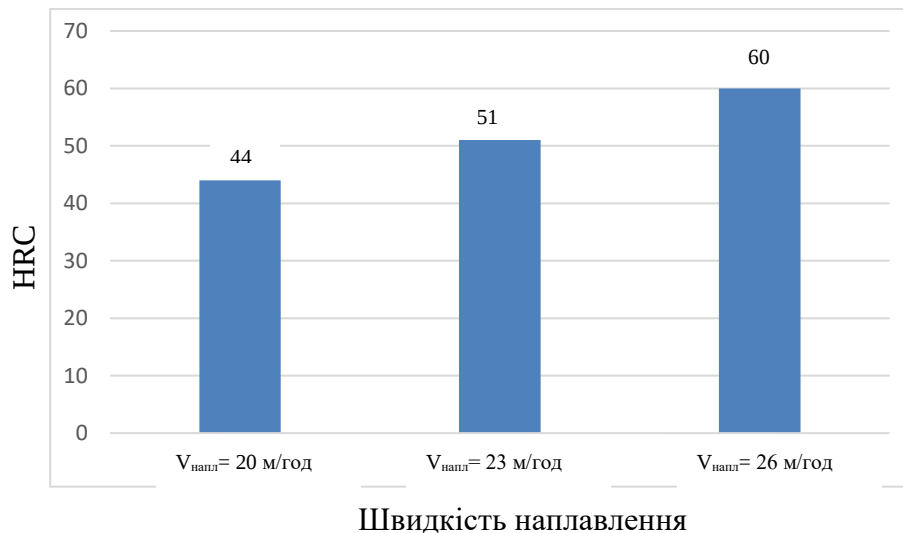


Рисунок 2.12 – Твердість наплавлених високовуглецевих зразків

З отриманих результатів та побудованих залежностей мікротвердості по глибині наплавленого шару впливає, що твердість наплавленого шару збільшується від поверхні вглиб, що запобігає схоплюванню та глибинному вириванню кристалітів в умовах граничного тертя (рис. 2.10).

При маленьких швидкостях наплавлення високовуглецевого покриття відбувається зменшення твердості від 51 до 44 одиниць HRC. При високих швидкостях наплавлення високовуглецевого покриття утворюються покриття з твердістю 60 одиниць HRC (рис. 2.12).

2.4 Висновки до розділу 2

1. За рахунок контрольованого тепловідведення можливо керувати структуроутворенням наплавленого високовуглецевого покриття, його фізико-механічними властивостями, та зносостійкістю.

2. При швидкості наплавлення 20 м/год та 23 м/год високовуглецеве покриття має мартенситно-ледебуритно-аустенітну структуру. При збільшенні швидкості наплавлення до 26 м/год отримані високовуглецеві покриття мають ледебуритну структуру.

3. При зменшенні швидкості наплавлення високовуглецевого покриття від 23 м/год до 20 м/год відбувається зменшення твердості від 51 до 44 одиниць HRC. При швидкості наплавлення високовуглецевого покриття 26 м/год твердість покриття дорівнює 60 одиниць HRC.

4. З отриманих результатів та побудованих залежностей мікротвердості по глибині наплавленого шару впливає, що твердість наплавленого шару збільшується від поверхні вглиб.

3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛ-ШЕСТЕРНІ РЕДУКТОРА МОЛОТИЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ КОМБАЙНУ

3.1 Призначення деталі

Вал-шестерня є складовою частиною редуктора молотильного механізму комбайну. Вал-шестерня (рисунок 3.1) складається з шийок, які встановлено в корпусі редуктора та сполучаються з підшипниками кочення. Вал-шестерня має зубчасту шестерню з лівого боку та шліцьові пази з правого боку. По шліцьовим пазам рухається зубчасте колесо, яке перемикає швидкості обертання вторинного валу редуктора.

Редуктор, це механізм за допомогою якого здобувається зниження кутової швидкості в приводах від двигуна до робочої ланки машини. Редуктор - це передача зачепленням, змонтована в окремому жорсткому корпусі. Різноманітність типів та типорозмірів редукторів зумовлені неоднаковими вимогами, що до них ставляться.

Тип редуктора визначається складом передач, порядком їх розміщення у напрямі від швидкохідного до тихохідного вала й розташуванням осей зубчастих коліс у просторі.

Основна енергетична характеристика редуктора - номінальний момент $T_{ном}$, що являє собою допустимий обертальний момент на його тихохідному валу при постійному навантаженні. Редуктори мають незначну довжину та при потужному швидкохідному ступеню вони особливо придатні для роботи в молотильних механізмах .

На ділянках валу що сполучаються з підшипниками кочення не відбувається процесу інтенсивного зношування оскільки процес ковзання сполучених поверхонь відсутній. На відміну від цих поверхонь поверхні шліцьових пазів зазнають суттєвих навантажень і значно змінюють свої геометричні розміри. Решта поверхонь практично не зазнає ніяких суттєвих

змін в процесі експлуатації і мають практично необмежений ресурс роботи. Тільки випадкові навантаження у вигляді ударів можуть пошкодити інші поверхні.

Габаритні розміри і 840x238x238 мм. маса 113,6 кг. Конструкція показана на рисунку 3.1.

Вал - шестерня редуктора виготовлена зі сталі 40Х ГОСТ 4543-88. Виконана як одне ціле з зубчатим вінцем і призначена для передачі руху та навантаження від шестерні до колеса. Для вала характерна наявність точно оброблених шийок, шліцьових пазів, галтелей та зубчатого вінця. Вал має наступні конструктивні елементи:

- спряження з підшипниками;
- шліцьове з'єднання;
- зубчатий вінець.

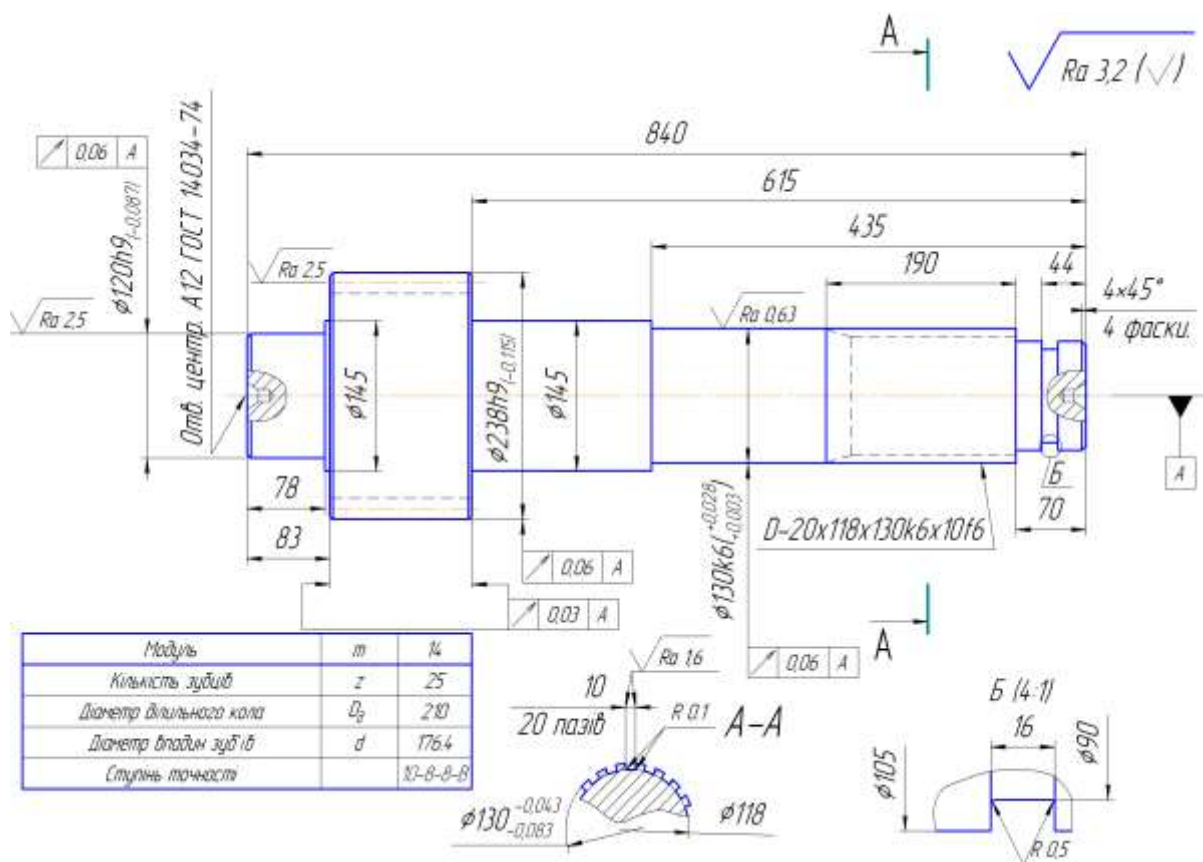


Рисунок 3.1- Вал-шестерня

Посадочні місця під підшипники мають певні допуски, що сприяє нормальній роботі редуктора.

Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 має наступні властивості:

Густина 7850 кг/куб.м

Відносне звуження 45 % гартування 860 гр (масло) + відпуск 500 гр (вода)

Відносне подовження після розриву 10 % гартування 860 гр (масло) + відпуск 500 гр (вода)

Межа текучості 3450 Па гартування 860 гр (масло) + відпуск 500 гр (вода)

НВ 552 НВ гартування 850 гр (вода) + відпуск 200 гр (возд)

НВ 217 НВ відпал

Коефіцієнт КСУ 0.9

Межа міцності 5900 Па гартування 860 гр (масло) + відпуск 500 гр (вода)

Вміст вуглецю (C) 0.36 .. 0.44 %

Вміст кремнію (Si) 0.17 .. 0.37 %

Вміст марганцю (Mn) 0.5 .. 0.8 %

Вміст хрому (Cr) 0.8 .. 1.1 %

Вміст нікелю (Ni) 0 .. 0.3 %

Вміст сірки (S) 0 .. 0.035 %

Вміст азоту (N) 0 .. 0.008 %

Вміст міді (Cu) 0 .. 0.3 %

Вміст фосфору (P) 0 .. 0.035 %

Температура кування 1250 .. 800 град.С

Флокеночутливість - чутлива

Схильність до відпускнуго охрупчення - схильна

3.3 Кількісний аналіз

Основні кількісні характеристики Вал - шестерні редуктора показані в таблицях 3.1-3.3 [25,26].

Таблиця 3.1 – Визначення коефіцієнту уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Радіуси заокруглень	Кутові розміри	Шорсткість	Шліцьові поверхні, зубчаста
840*	$\varnothing 120h9_{(-0,087)}$	R0,5* (2пов.)	4×45°* (2пов.)	0,63*	D20×118×13 0k6×10f6 *
435*	$\varnothing 145^*$ (2пов.)			3,2*(8пов.)	
615*	$\varnothing 130$ ($+0,028$ $-0,003$) * (2пов.)	R0,1* (40пов.)		2,5* (2пов.)	$\varnothing 238h9_{(-0,115)}$
190*	$\varnothing 105^*$	R0,5* (2пов.)		1,6* (20пов.)	
44	$\varnothing 90^*$				
70*					
78					
83					
16					
$\sum_{\text{заг.}}=8$	$\sum_{\text{заг.}}=7$	$\sum_{\text{заг.}}=42$	$\sum_{\text{заг.}}=2$	$\sum_{\text{заг.}}=21$	$\sum_{\text{заг.}}=2$
$\sum_{\text{уніф.}}=4$	$\sum_{\text{уніф.}}=7$	$\sum_{\text{уніф.}}=42$	$\sum_{\text{уніф.}}=2$	$\sum_{\text{уніф.}}=21$	$\sum_{\text{уніф.}}=2$

Таблиця 3.2 – Визначення коефіцієнту точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
H14(840; 435; 190; 44; 70; 83; 78; 16; $\varnothing 105$; $\varnothing 90$; $\varnothing 145$; A12.)	14	14·14=196
h9($\varnothing 238_{(-0,115)}$)	1	9·1=9
k6($\varnothing 130_{(-0,003)}^{+0,028}$)	2	6·2=12
D20×118×130k6×10f6	1	6·1=6
Сума	18	223

Таблиця 3.3 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
3.2(840; 435; 190; 44; 70; 83; 78; 16; Ø105; Ø90; Ø145; A12)	14	3,2·14=44,8
2.5(Ø120h9 _(-0,087) ; 78;)	2	2,5·2=5
0,63(Ø130 _{(^{+0,028} -0,003})	2	0,63·2=1,26
Сума	18	51,06

Висновок : $K_y=0,76>0,6$; $K_T=0,92>0,8$; $K_{ш}=0,09<0,32$. Деталь є технологічною.

3.4 Розробка схеми вимірювання зносу, дефектування та технічного контролю якості відновленої деталі

Основні дефекти та способи їх усунення Вал - шестерні редуктора показані на рисунку 3.3 та в таблиці 3.4.

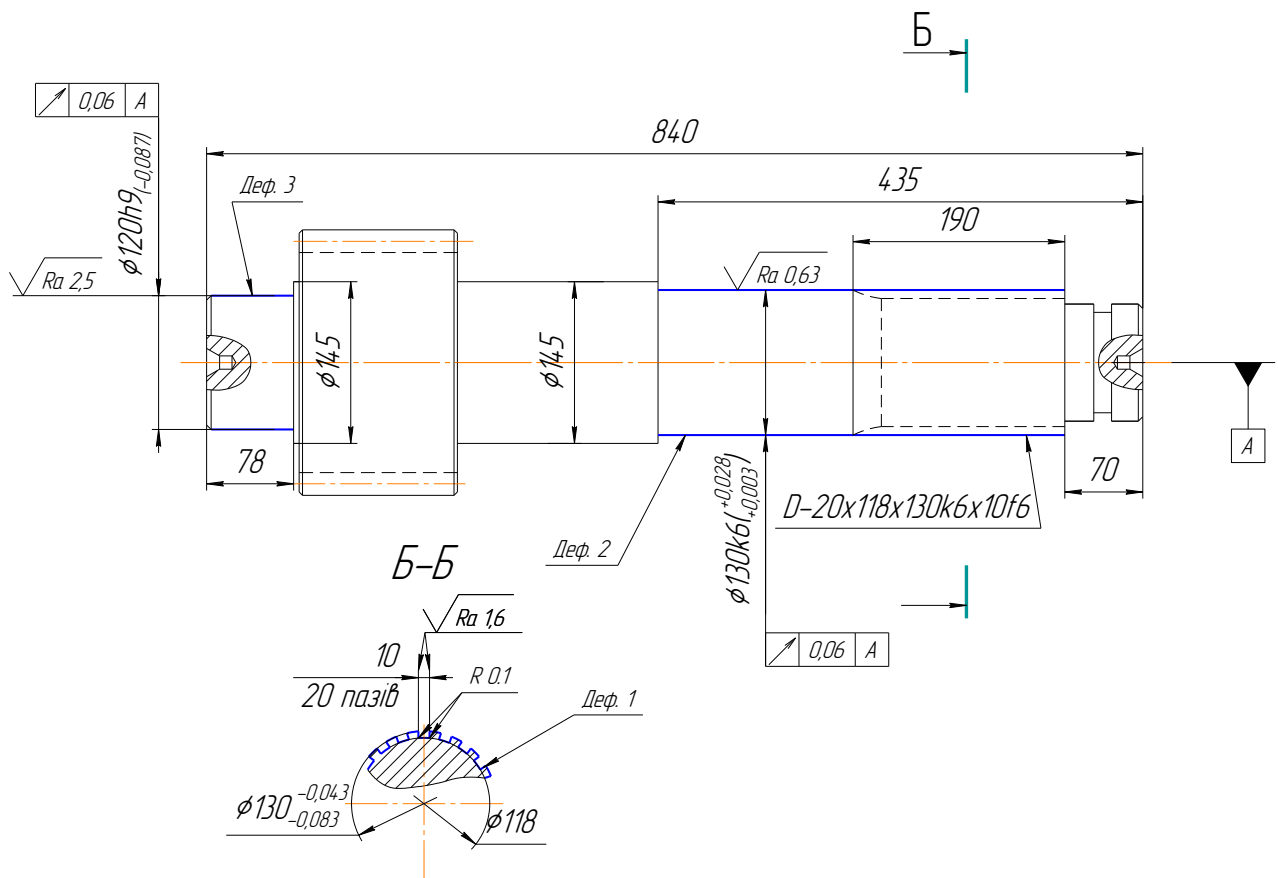


Рисунок 3.3 - Ремонтне креслення та схема розміщення дефектів

Таблиця 3.4 – Дефекти валу

№ п/п	Дефект	Спосіб виявлення дефекту. Вимірювальний інструмент	Розміри, мм	
			За кресленням	Допустимий
1	Спрацювання поверхні спряження шліців $\varnothing 130^{+0,028}_{+0,003}$ мм (Деф.1)	Зовнішнім оглядом Штангенциркуль ШЦ II-160-0,05	$\varnothing 130^{-0,043}_{-0,083}$	$\varnothing 129$
2	Спрацювання опорних шийок . (Деф.2, Деф.3) - 2 шийки	Штангенциркуль ШЦ II-160-0,05	$\varnothing 120^{-0,08}_{+0,028}$ $\varnothing 130^{+0,028}_{+0,003}$	$\varnothing 119$ $\varnothing 129$
3	Спрацювання зубців шестерні (Деф.4)	Зовнішнім оглядом Штангенциркуль ШЦ II-160-0,05	$\varnothing 238^{-0,087}$	$\varnothing 237$
4	Прогин вал-шестерні (Деф.4)	Плита перевірна 2-1-1000×600, призми П2-2-2, штатив Ш-ПВ-8 індикатор ІЧ 10Б	0,01 у середній частині	0,03 у середній частині
5	Тріщини на валу	не допускаються		

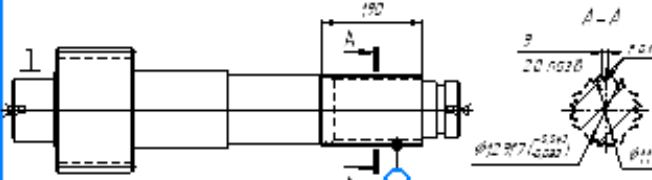
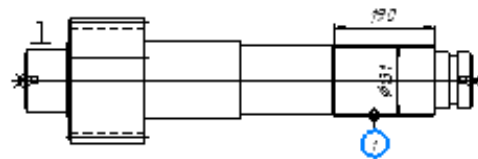
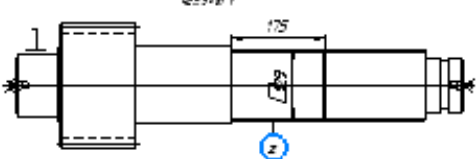
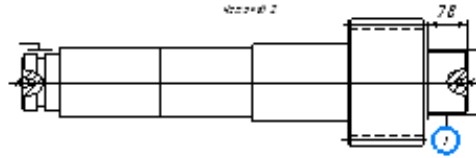
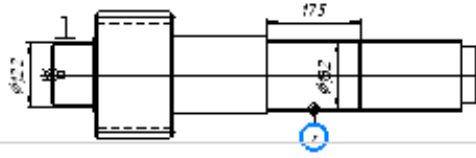
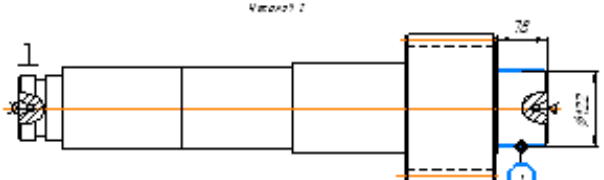
3.5 Вибір та технічне обґрунтування методів відновлення поверхонь Вал - шестерні редуктора [27]

Наплавлення в CO_2 значно підвищує зносостійкість та працездатність даної деталі. Цей метод дозволяє не тільки економити матеріали, але й збільшувати довговічність даної вал-шестерні. Продуктивність наплавлення в CO_2 трохи більша, ніж в плазмового та наплавлення під шаром флюсу. Отже ми залишаємо наплавлення в CO_2 , як найкращий метод відновлення шліцьової поверхні вала шестерні і плазмове напилювання поверхонь під підшипники.

3.6 Формування маршруту відновлення Вал - шестерні редуктора

В таблиці 3.5 показан маршрут обробки Вал - шестерні редуктора молотильного механізму комбайну

Таблиця 3.5 – Маршрут обробки Вал - шестерні редуктора молотильного механізму комбайну

№ операції	Операційні перекази	Операційний ескіз	Модель верстатів
005	<u>Доведення</u> 1. Мити деталь.		Мийна машина ДМ-46/10
010	<u>Доведення</u> 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку; 2. Довести шліфувальний пази підвертні 1 до розмірів за ескизом		Фрезерний верстат ФМ-10/33
015	<u>Напильвання</u> 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку; 2. Напилькою зашліфувати шліфувальний пази підвертні 1 до розмірів за ескизом.		Чистова для напильвання
020	<u>Термічна</u> 1. Відпустити заготовку		ВЧ-3-50/ 0055
025	<u>Токарна</u> <u>Чистова 1</u> 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку; 3. Точити поверхню 2 до розмірів $\phi 129$ мм Чистова 2 4. Перевстановити деталь 5. Точити поверхню 3 до розмірів $\phi 119$ мм	 	Токарно-слюсарний верстат ФМ-10/33
030	<u>Напильвання</u> <u>Чистова 1</u> 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку; 2. Напилькою поверхню 2 до розмірів за ескизом Чистова 2 2. Перевстановити деталь 2. Напилькою поверхню 3 до розмірів за ескизом	 	Чистова напильна ФМ-10/33

Продовження таблиці 3.5

ІР опер	Операційні переходи	Операційний ескіз	Моделі верстатів
035	<u>Точарна</u> <u>Частковий 1</u> 1 Встановити, закріпити, зняти заготовку 2 Точити поверхню 1 до розміру $\varnothing 50$ мм 3 Точити поверхню 2 до розміру $\varnothing 130,5$ мм 4 Встановити 2 5 Перевстановити втулку 6 Точити поверхню 3 до розміру $\varnothing 120,5$ мм 7 Точити фаску $4 \times 45^\circ$		Точарно-обдільний верстат 16K20;
040	<u>Фрезерувальна</u> 1 Встановити, закріпити, зняти заготовку 2 Фрезерувати шліфувальну поверхню 1 до розмірів за ескизом.		Фрезерний верстат 6146 тоф3
045	<u>Термічна</u> 1 Завершувати заготовку		ВЧ-3-160/0,066
050	<u>Шліфувальна</u> 1 Встановити, закріпити заготовку 2 Шліфувати поверхню 2.3 до розмірів за ескизом 3 Зняти заготовку.		Кругло-шліфувальний верстат 314153;
055	<u>Шліфувальна</u> 1 Встановити, закріпити заготовку 2 Шліфувати шліф до розмірів за ескизом 3 Зняти заготовку.		Шліфувальний верстат 140248;
060	<u>Контрольна</u> 1 Виміряти розміри відновлених поверхонь 2 Порівняти з розмірами на кресленні		Інструментальний

3.7 Розрахунок припусків на переходи механічної обробки Вал - шестерні редуктора молотильного механізму комбайну

Розрахунок припусків виконуємо за стандартною методикою [28]. Отримані значення для кожного розміру показані в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Розрахункові значення припусків

Маршрут обробки поверхні діаметром $\varnothing 130 \text{ k6}$ ($+0,028$ $+0,003$)	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		виконува мкм	Прийняті розміри заготовки по переходах, мм		Граничний припуск, мкм	
	Rz	T_{det}, h	$\rho, \Delta \Sigma$	ϵ	припуск Z_i , мкм	мінімального діаметра, мм		Max	Min	Z_{max}	Z_{min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка(h11)	200	250	122,5	—		132,263	1000	133,263	132,263	—	—
Точіння	150	200	7,5	-	1145	131,118	200	131,318	131,118	1,945	1,145
Шліфування											
Попереднє(k9)	100	100	-	-	715	130,403	50	130,453	130,403	0,865	0,715
Остаточне(k6)	10	20		-	400	130,003	25	130,028	130,003	0,425	0,40

3.8 Призначення режимів попередньої обробки та після нанесення покриття [28]

Призначенні режими попередньої токарної обробки поверхні $\varnothing 130^{+0,028}_{+0,003}$ показані в таблиці 3.7

Таблиця 3.7 – Режими попередньої токарної обробки

Параметри	Позначення	Розрахункове значення
Глибина різання	t , мм	0,5
Подача	S , мм/об	0,5
Швидкість різання	V , м/хв	52
Частота обертання	n , об/хв	240
Дійсна швидкість різання	V_d , мм/хв	54
Сила різання	$P_{різ}$, Н	162
Потужність	N , кВт	0,1

Призначенні режими шліфування поверхні $\varnothing 120_{-0,067}$ показані в таблицях 3.8.

Таблиця 3.8– Шліфування поверхні $\varnothing 120_{-0,067}$

Параметри	Позначення	Розрахункове значення
Колова швидкість	$V_{дет}$, м/хв	24
Частота обертання заготовки	$n_{дет}$, об/хв	63
Поперечна подача круга	t , мм/хід	0,024
Повздовжня подача на оберт деталі	$S_{п}$, мм/об	14
Швидкість повздовжнього ходу стола	$V_{п. ст}$, м/хв	0,88
Швидкість шліфувального круга	V_k , м/с	35

3.9 Призначення режимів нанесення покриття

Режими наплавлення показані в таблиці 3.9. [49]

Таблиця 3.9 –Режими наплавлення

Параметри	Позначення	Розрахункове значення
Струм	I, A	145
Напруга	U, B	27
Швидкість подачі дроту	$V_e, м/год.$	207
Виліт електродного дроту	$H, мм$	12
Зміщення від zenіту	$a, мм$	2,5
Швидкість наплавлення	$V_n, м/год.$	6,4
Частота обертання деталі	$n, хв^{-1}$	0,7

Розраховані параметри режиму напилення показані в таблиці 3.10

Таблиця 3.10 – Режими напилення

Параметри	Позначення	Розрахункове значення
шар напилений за 1 прохід	$h; мм$	0.08
коефіцієнт перекриття	$k;$	0.45
об'єм плями напилювання	$Q; мм^3$	56.2
маса плями	$m; г$	0,43
лінійна швидкість напилювання	$V_d; мм/с$	194
швидкість переміщення	$U_r; мм/с$	4.9
швидкість обертання	$w_g; об/с$	7
кількість проходів	$n; мм$	17
основний час при напилюванні	$t_o; хв$	2.58
витрати порошку	$m_n; гр$	24.5

3.10 Нормування операцій технологічного процесу

Визначемо норми часу на кожну з операцій відновлення Вал - шестерні редуктора молотильного механізму комбайну та отримані значення заносимо в таблицю 3.11. [29]

Таблиця 3.11 – Нормування операцій

№	Назва операції	d, мм	L, мм	S, мм/об (v_r , мм/с; $Y_{пр}$, м/хв)	n , хв ⁻¹ ($\omega_{дет}$, с ⁻¹ ; $Y_{об}$, м/хв)	i (n)	$n_{дет}$
005	Мийна	-	-	-	-	-	12
010	Токарна	120,130,	78,365	0,7	400	1	12
015	Наплавлювальна	120,130,130	84,190,365	77,69	20,6	2	12
020	Термічна	-	-	-	-	-	12
025	Токарна	120,130	84,365	0,7	400	1	12
030	Фрезерувальна	130	95	0,1	142,5	3	12
035	Термічна	-	-	-	-	-	12
040	Напилювальна	120	84	99,9	1,3	9	12
045	Шліфувальна	130	95	18,9	1114	2	12
050	Шліфувальна	120,130	78,70	18,9	1114	2	12
055	Контрольна	-	-	-	-	-	12

3.11 Розробка конструктивної схеми установки з числовим програмним керуванням для плазмового напилення

Розробимо конструктивну схему установки. З'ясуємо з яких основних компонентів має складатися установка для автоматизованого відновлення деталі (рисунок 3.4).

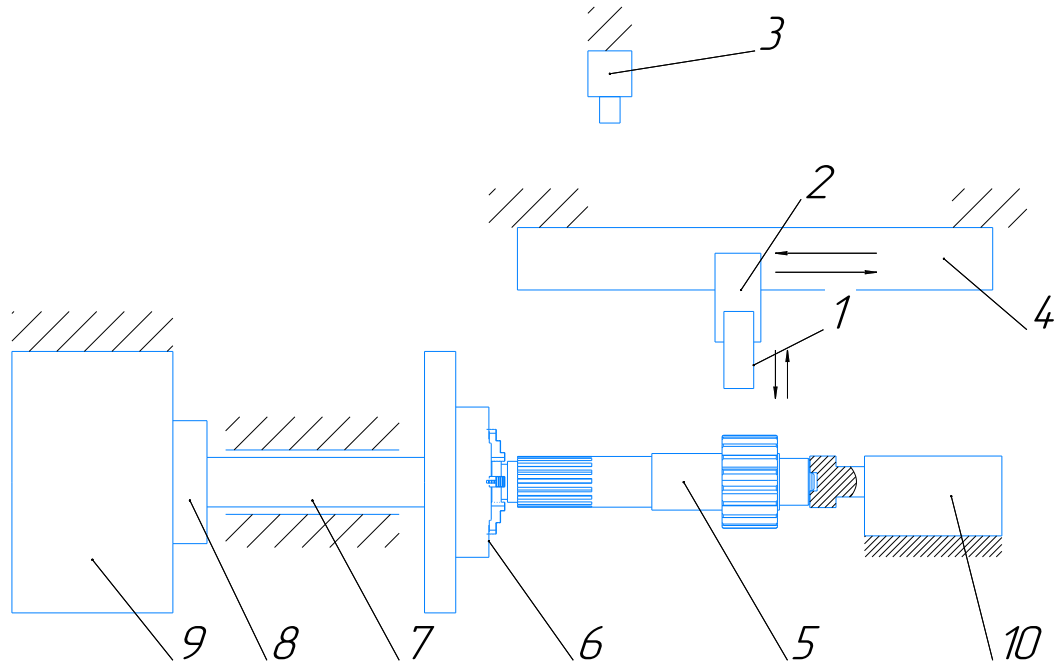


Рисунок 3.4 – Конструктивна схема установки для напильня Вал - шестерні редуктора молотильного механізму комбайну: 1 – напильовальний пристрій, 2 – блок вертикального переміщення, 3 – живильник, 4 – блок горизонтального переміщення, 5 – відновлювана деталь, 6 – патрон, 7 – вал шпинделя, 8 – муфта, 9 – електромотор, 10 – пневмо циліндр з фіксатором вала.

3.11.1 Визначення способу закріплення деталі.

Враховуючи те, що вал має довжину 840 мм, діаметр 130 мм, розташуємо його в горизонтальному положенні (рисунок 3.5). Застосуємо закріплювальний пристрій у вигляді патрона 5, зовнішнім діаметром 200 мм марка патрону 7100-0007 ГОСТ 2675-80 та заднюбабку у вигляді пневмоциліндру з фіксатором штоку.

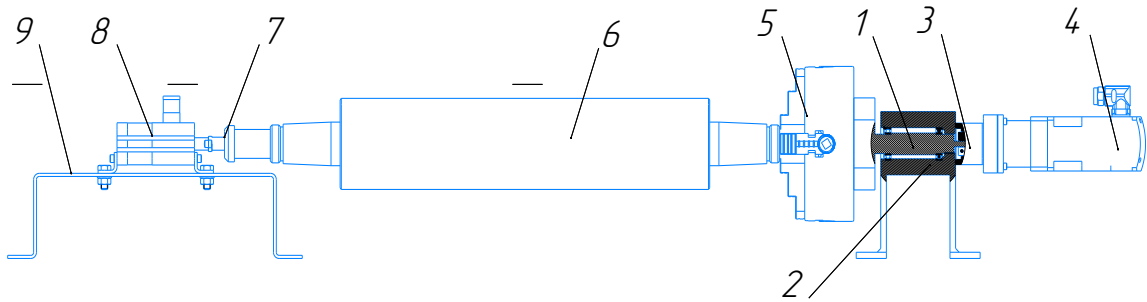


Рисунок 3.5 – Схема закріплення Вал - шестерні редуктора молотильного механізму комбайну: 1 – корпус шпинделя, 2 – вал шпинделя, 3 – осьовий набір, 4 – електромотор, 5 – підшипники, 6 – патрон, 7 - деталь

Для вибору електромотора треба розрахувати масоцентрувальні характеристики всіх тіл, які обертаються в процесі відновлення деталі.

3.11.2. Розрахунок масоцентровочних характеристик (мцх) деталі та пристрою для закріплення.

Для визначення масоцентрувальних характеристик розробимо 3D-моделі усіх деталей, що обертаються (рисунок 3.6)

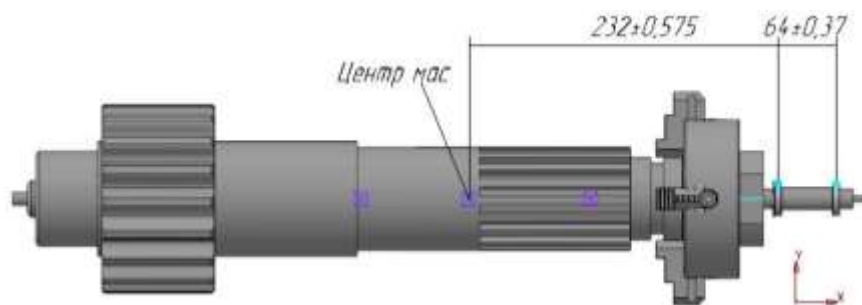


Рисунок 3.6 – 3D-модель усіх деталей, що обертаються в процесі відновлення

В програмі Компас визначимо масоцентрувальні характеристики.

Матеріал Сталь 40 X ГОСТ 1050–88.

Густина матеріалу $\rho_0 = 0,007820 \text{ г/мм}^3$.

Маса $M = 120 \text{ кг}$.

Площа $S = 936101 \text{ мм}^2$.

Об'єм	$V = 16615748 \text{ мм}^3$.
Центр мас	$X_c = 130,196217 \text{ мм}$ $Y_c = 258,840611 \text{ мм}$ $Z_c = 126,814269 \text{ мм}$

Моменти інерції

В центральній системі координат:

Осьові моменти інерції	$J_x = 1612130858 \text{ г} \cdot \text{мм}^2$,
	$J_y = 116238893 \text{ г} \cdot \text{мм}^2$,
	$J_z = 1617846572 \text{ г} \cdot \text{мм}^2$.

3.11.3 Вибір та розрахунок маси розпилюючого пристрою

Враховуючи поставлені задачі, було запропоновано таку конструкцію напилувального пристрою (рис. 3.7).

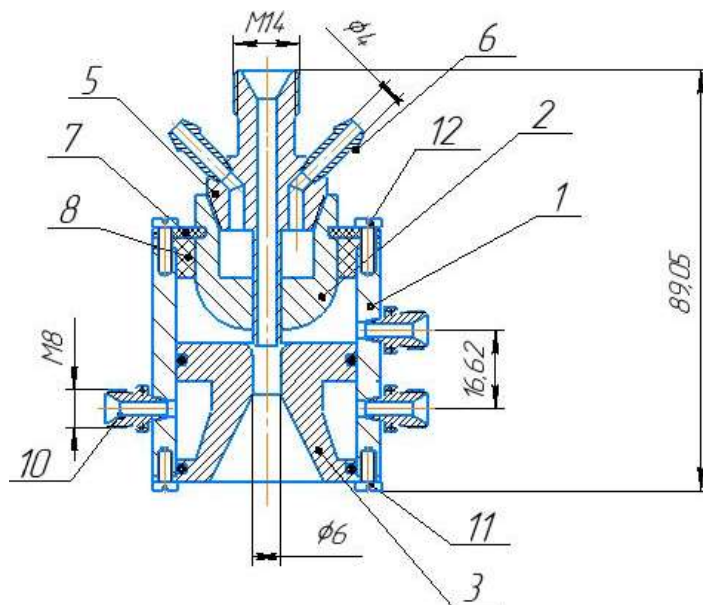


Рисунок 3.7 – Плазмовий напилувальний пристрій: 1 - корпус; 2 – ізолятор; 3 – стопорна шайба; 4 – електрод; 6 – електродотримач; 7 – форсунка для подачі порошку та охолоджувальної рідини; 8 – трубка; 9 – кронштейн; 10,11 – штуцера; 12 – гумові кільця, 14 – гайки, 15 – напрямна.

Розробимо 3D-модель напилувального пристрою (рисунок 3.8).

Порахуємо засобами САПР «Компас» масу напилувального пристрою.

Маса	$M = 640.107885 \text{ г}$
Площа	$S = 49207.982426 \text{ мм}^2$
Об'єм	$V = 84928.233870 \text{ мм}^3$
Центр мас	$X_c = -0.283026 \text{ мм}$
	$Y_c = 11.780092 \text{ мм}$
	$Z_c = -3.825576 \text{ мм}$

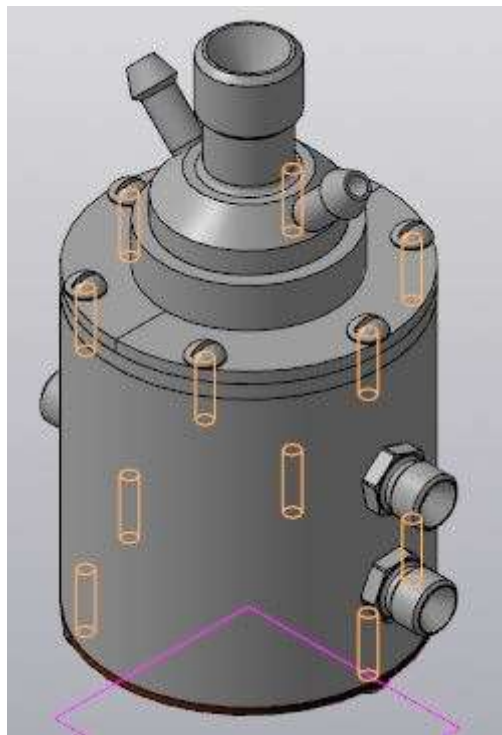


Рисунок 3.8 – 3D-модель напилювального пристрою

3.12 Вибір виконавчих механізмів для автоматизованого пересування деталей

Для розрахунку автоматизованого пересування деталей застосуємо програму Positioning drives компанії Festo. В даній програмі вводимо такі дані: $J_y = 1162,38893 \text{ кг} \cdot \text{см}^2$; додаткових сил немає. Вирахуємо максимальну частота обертання – 3,5 об/хв., що дасть змогу обробляти більшу

номенклатуру деталей. Час для розгону 1 с. Монтажне розташування горизонтальне. Контроллер встановлений всередині двигуна.

3.12.1 Механізм обертання деталі.

В результаті розрахунку отримано такий результат (рисунок 3.9).

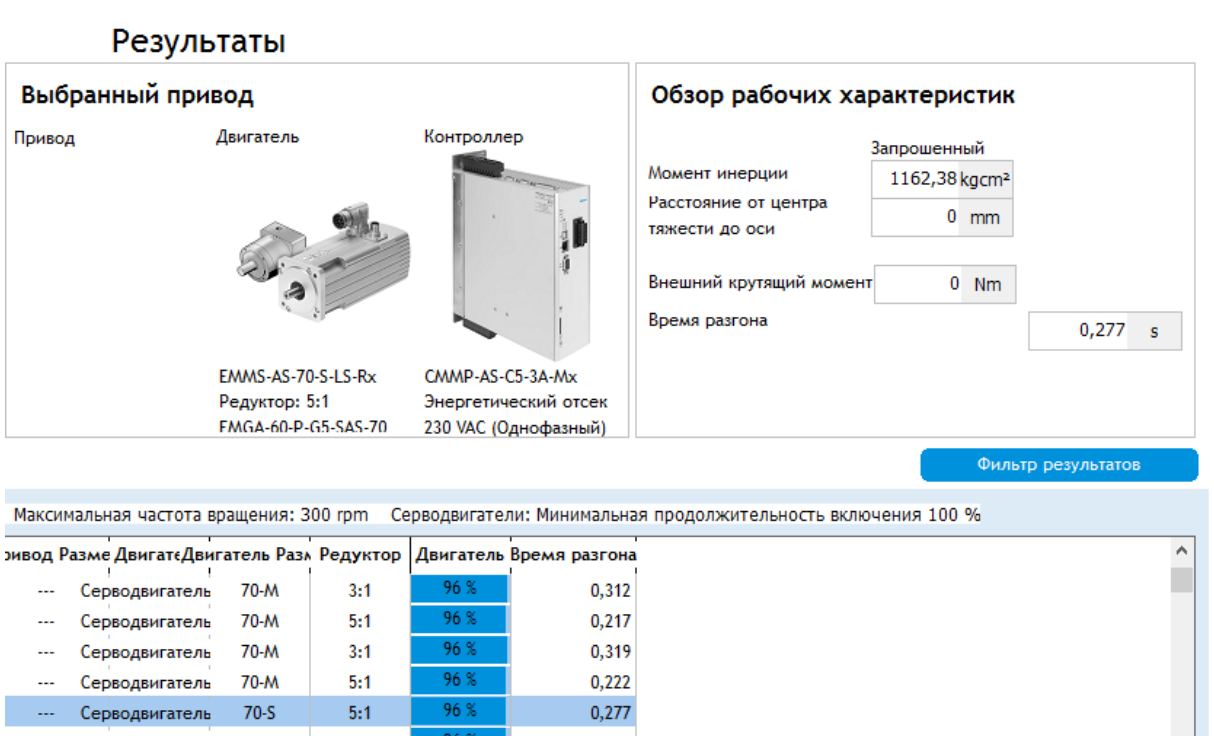


Рисунок 3.9 – Вибір двигуна обертача

Згідно з рисунком 3.5 розробимо 3D-модель обертача (рисунок 3.10). Для чого спочатку розробимо 3D-модель шпиндельного вузла та з’єднаємо з ним вибраний сервомотор і осьовий набір та редуктор.

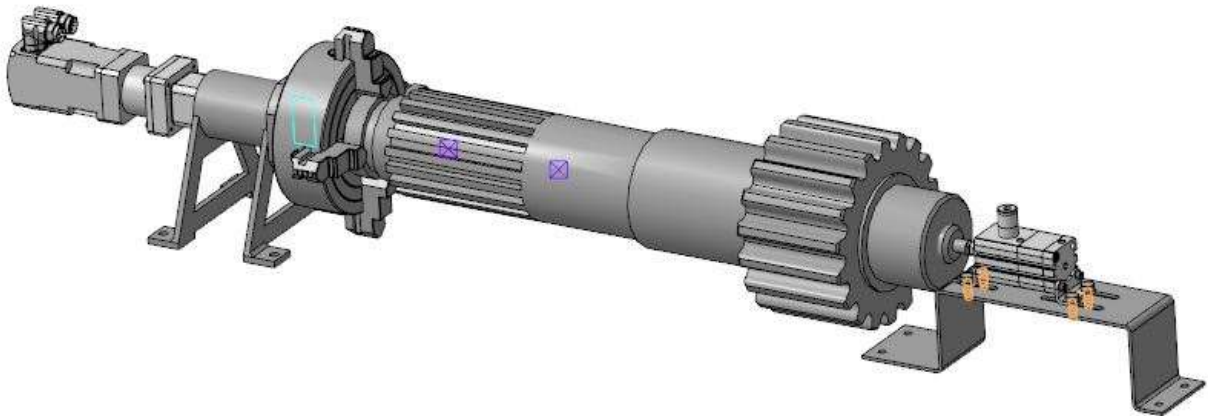


Рисунок 3.10 – Обертач складений
3.12.2 Привід переміщення напилувального пристрою.

Застосувавши програму PositioningDrivis, знайдемо можливе рішення у вигляді привода позиціонування, рисунок 3.11.

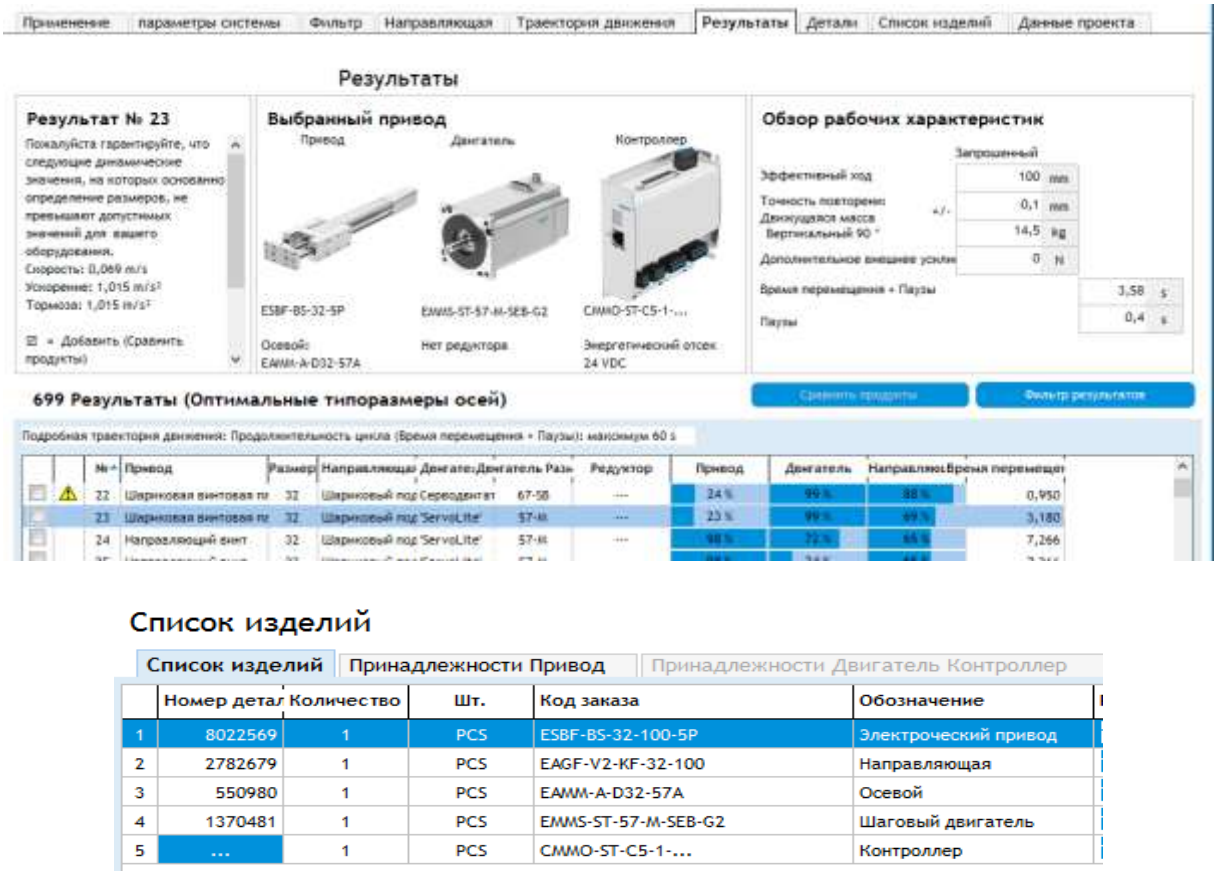


Рисунок 3.11 – Возможне рішення у вигляді консольного привода
позиціонування та його комплектуючих

3.13 Висновки розділу 3

1. Технологічний процес розроблений для ремонту Вал - шестерні редуктора молотильного механізму комбайну забезпечує підвищення якості відновлення зношених поверхонь;
2. Запропонована технологія може бути використана на підприємстві;
3. Розроблена установка з числовим програмним керуванням для плазмового напилення дозволяє автоматизувати запропановану технологію.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Основною метою проведення комерційного та технологічного аудиту є дослідження технологічних засад підвищення якості процесів відновлення вал шестерні редуктора молотильного механізму комбайна і вирішення проблеми відновлення даної деталі, так як раніше застосовуємі методи показали негативні результати.

Для проведення технологічного аудиту було залучено 3-х незалежних експертів Вінницького національного технічного університету кафедри галузевого машинобудування: професор Савуляк Валерій Іванович; доцент Шиліна Олена Павлівна; доцент Бакалець Дмитро Віталійович.

Для проведення технологічного аудиту було використано таблицю 4.1 [30] в якій за п'ятибальною шкалою використовуючи 12 критеріїв здійснено оцінку комерційного потенціалу.

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів

Продовження табл. 4.1

5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки пові-домлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Таблиця 4.2 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0-10	Низький
11-20	Нижче середнього
21-30	Середній
31-40	Вище середнього
41-48	Високий

В таблиці 4.3 наведено результати оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки.

Таблиця 4.3 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Савуляк Валерій Іванович	Шиліна Олена Павлівна	Бакалець Дмитро Віталійович
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	2
2	4	3	3
3	1	2	1
4	4	4	4
5	2	1	2
6	3	3	4
7	1	0	1
8	3	3	4
9	3	3	3
10	4	4	3
11	4	4	4
12	2	3	3
Сума балів	СБ ₁ =31	СБ ₂ =34	СБ ₃ =34
Середньоарифмети чна сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_1^3 СБ_i}{3} = \frac{33 + 32 + 34}{3} = 33$		

Середньоарифметична оцінка, отримана на основі експертних висновків, становить 33 бали, і згідно з таблицею 4.3, це вказує на рівень вище середнього комерційного потенціалу результатів проведених досліджень.

Результатом магістерської роботи є підвищення якості відновлення робочих поверхонь вал шестерні редуктора молотильного механізму комбайна за рахунок вибору нового методу відновлення, матеріалів для відновлення.

Проведемо оцінку якості і конкурентоспроможності нової розробки порівняно з аналогом.

В якості аналога для розробки було обрано базовий технологічний процес відновлення деталі. У зв'язку з тим, що виникають труднощі з утворенням і утримуванням розплавленого металу на поверхні деталі (при достатньому охолодженні шва утруднення виділення шлакової кірки). У розробці дана проблема вирішується шляхом заміни метода відновлення зношених поверхонь.

Модернізований технологічний процес відновлення даної деталі відрізняється від базового методом відновлення зношених поверхонь. Приймаємо для відновлення робочих поверхонь шліців цапфи поворотної метод наплавлення в середовищі CO_2 , що надасть змогу наносити більш якісний шар покриття, що дозволить зменшити час нанесення покриття. Зносостійкість відновлених поверхонь збільшується у 2,5 рази.

В таблиці 4.5 наведені основні техніко-економічні показники аналога і нової розробки.

Проведемо оцінку якості продукції, яка є найефективнішим засобом забезпечення вимог споживачів та порівняємо її з аналогом.

Таблиця 4.5 – Основні параметри нової розробки та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)		
1	2	3	4	5
Продуктивність методу кг/год	6	2	3	0,6
Міцність щеплення, МПа	150	50	3	0,4

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру за формулами (4.1) та (4.2) і занесемо їх у відповідну колонку табл. 4.6.

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}} \quad (4.1)$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}} \quad (4.2)$$

де P_{Hi} , P_{Bi} – числові значення i -го параметру відповідно нового і базового виробів.

$$q_1 = \frac{6}{2} = 3;$$

$$q_2 = \frac{150}{50} = 3.$$

Відносний рівень якості нової розробки визначаємо за формулою:

$$K_{я.в.} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot a_i, \quad (4.3)$$

$$K_{я.в.} = 3 \cdot 0,6 + 3 \cdot 0,4 = 3$$

Відносний коефіцієнт показника якості нової розробки більший одиниці, отже нова розробка якісніший базового товару-конкурента.

Наступним кроком є визначення конкурентоспроможності товару. Конкурентоспроможність товару є головною умовою конкурентоспроможності підприємства на ринку і важливою основою прибутковості його діяльності.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками найчастіше вважають нормативні та технічні параметри, а також ціну придбання та вартість споживання товару.

В табл. 4.6 наведено технічні та економічні показники для розрахунку конкурентоспроможності нової розробки відносно товару-аналога, технічні дані взяті з попередніх розрахунків.

Таблиця 4.6 – Нормативні, технічні та економічні параметри нової розробки і товару-виробника

Показники	Варіанти	
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)
1	2	3
1. Нормативно-технічні показники		
Продуктивність методу кг/год	6	2
Міцність щеплення, МПа	150	50
2. Економічні показники		
Ціна придбання, грн.	100000	90000

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (К) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{m.n.}}{I_{e.n.}}, \quad (4.4)$$

де $I_{т.п.}$ – індекс технічних параметрів; $I_{е.п.}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс технічних параметрів є відносним рівнем якості інноваційного рішення. Індекс економічних параметрів визначається за формулою (4.5)

$$I_{е.п.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Hei}}{\sum_{i=1}^n P_{Bei}}, \quad (4.5)$$

де P_{Hei} , P_{Bei} – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

$$I_{е.п.} = \frac{90000}{100000} = 0,9;$$

$$K = \frac{3}{0,9} = 3,3.$$

Зважаючи на розрахунки, можна зробити висновок, що нова розробка буде конкурентоспроможніше, ніж конкурентний товар.

4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи групуються за такими статтями: витрати на оплату праці, витрати на соціальні заходи, матеріали, паливо та енергія для науково-виробничих цілей, витрати на службові відрядження, програмне забезпечення для наукових робіт, інші витрати, накладні витрати.

1. Основна заробітна плата кожного із дослідників Z_o , якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери визначається за формулою:

$$З_0 = \frac{M}{T_p} * t \text{ (грн)} \quad (4.6)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника (інженера, дослідника, науковця тощо), грн.;

T_p – число робочих днів в місяці; приблизно $T_p \approx 21...23$ дні;

t – число робочих днів роботи дослідника.

Для розробки необхідно залучити інженера з посадовим окладом 10000 грн. Кількість робочих днів у місяці складає 21, а кількість робочих днів інженера складає 20. Зведемо сумарні розрахунки до таблиця 4.7.

Таблиця 4.7 – Заробітна плата дослідника в науковій установі бюджетної сфери

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату грн.
Керівник	15000	714,3	5	3571
Інженер	10000	476,2	21	10000
Всього				13571

2. Витрати на основну заробітну плату робітників ($З_p$) за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

$$З_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (4.7)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

t_i – час роботи робітника на виконання певної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (4.8)$$

де M_M – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи або мінімальної місячної заробітної плати (залежно від діючого законодавства), грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду;

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

T_p – середня кількість робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 21 \dots 23$ дні;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

Таблиця 4.8 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника, грн
1. Мийна	5	2	52,4	261,9
2. Токарна	7	4	71,4	500,0
3. Наплавлювальна	6	5	81,0	485,7
4. Токарна	2	2	52,4	104,8
5. Шліфувальна	6	5	81,0	485,7
6. Контрольна	1	3	64,3	64,3
Всього				1902,4

3. Розрахунок додаткової заробітної плати робітників

Додаткова заробітна плата Z_d всіх розробників та робітників, які приймали устають в розробці нового технічного рішення розраховується як 10 - 12 % від основної заробітної плати робітників.

На даному підприємстві додаткова заробітна плата начисляється в розмірі 11% від основної заробітної плати.

$$Z_d = (Z_o + Z_p) * \frac{H_{\text{дод}}}{100\%} \quad (4.9)$$

$$Z_d = 0,11 * (13571 + 1902,4) = 1702,12 \text{ (грн)}$$

4. Нарахування на заробітну плату $H_{3П}$ дослідників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховуються за формулою (4.10):

$$H_{3П} = (Z_o + Z_p + Z_d) * \frac{\beta}{100} \text{ (грн)} \quad (4.10)$$

де Z_o – основна заробітна плата розробників, грн.;

Z_d – додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, грн.;

Z_p – основну заробітну плату робітників, грн.;

β – ставка єдиного внеску на загальнообов’язкове державне соціальне страхування, % .

Дана діяльність відноситься до бюджетної сфери, тому ставка єдиного внеску на загальнообов’язкове державне соціальне страхування буде складати 22%, тоді:

$$H_{3П} = (13571 + 1902,4 + 1702,12) * \frac{22}{100} = 3778,7 \text{ (грн)}$$

5. Сировина та матеріали.

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби й предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за прямим призначенням згідно з нормами їх витрачання, а також витрачені придбані напівфабрикати, що підлягають монтажу або виготовленню й додатковій обробці в цій організації, чи дослідні зразки, що виготовляються виробниками за документацією наукової організації.

Витрати на матеріали (М) у вартісному вираженні розраховуються окремо для кожного виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{i=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{i=1}^n B_j \cdot C_{vj}, \quad (4.11)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

C_{vj} – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

Проведені розрахунки зведені в таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Електродний дріт Нп-30ХГСА	100	3	300
Порошок ПГ-10Н-01	170	2	340
Вуглекислий газ	9	10	90
Газ Аргон	25	18	450
Всього			1180
З врахуванням коефіцієнта транспортування			1298

6. Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі виробу (K_6), які використовують при дослідженні нового технічного рішення, розраховуються, згідно з їхньою номенклатурою, за формулою:

$$K_6 = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (4.12)$$

де H_j – кількість комплектуючих j -го виду, шт.;

C_j – покупна ціна комплектуючих j -го виду, грн;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$).

Проведені розрахунки бажано звести до таблиці.

Таблиця 4.10 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн	Сума, грн
Напилювальна установка З ЧПК	1	75000	75000
Обертач	1	20000	20000
Плазматрон	1	10000	10000
Всього			115500,00

7. Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт не передбачено.

8. Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт в роботі не використовується.

9. Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, можуть бути

розраховані з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_{б}}{T_{в}} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (4.13)$$

де $Ц_{б}$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_{в}$ – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

Проведені розрахунки необхідно звести до таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Персональний комп'ютер	40000	2	1	1666,67
Всього				1666,67

10. До статті «Паливо та енергія для науково-виробничих цілей» відносяться витрати на всі види палива й енергії, що безпосередньо використовуються з технологічною метою на проведення досліджень.

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yt} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{впi}}{\eta_i} \quad (4.14)$$

де W_{yt} – встановлена потужність обладнання на певному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

Ц_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн;

$K_{\text{впі}}$ – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{\text{впі}} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

Для написання магістерської роботи використовується персональний комп'ютер для якого розрахуємо витрати на електроенергію.

$$B_e = \frac{0,5 \cdot 260 \cdot 10,5 \cdot 0,5}{0,8} = 853,13$$

10. Службові відрядження.

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуються як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{\text{св}} = (3_o + 3_p) \frac{H_{\text{св}}}{100\%}, \quad (4.15)$$

де $H_{\text{св}}$ – норма нарахування за статтею «Службові відрядження».

$$B_{\text{св}} = 0,2 * (13571 + 1902,4) = 3094,76$$

11. Накладні (загальновиробничі) витрати $B_{\text{нзв}}$ охоплюють: витрати на управління організацією, оплата службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо. Накладні (загальновиробничі) витрати $B_{\text{нзв}}$ можна прийняти як (100...150)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану МКНР, тобто:

$$B_{\text{нзв}} = (3_o + 3_p) \cdot \frac{H_{\text{нзв}}}{100\%}, \quad (4.16)$$

де $H_{\text{нзв}}$ – норма нарахування за статтею «Інші витрати».

$$B_{\text{нзв}} = (13571 + 1902,4) \cdot \frac{100}{100\%} = 15473,81 \text{ грн}$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає витрати, які безпосередньо стосуються даного розділу МКНР

$$B = 13571 + 1902,4 + 1702,12 + 3778,7 + 1298 + 115500 + 1666,67 + 853,13 + 3094,76 + 15473,81 = 158841$$

Прогнозування загальних втрат ЗВ на виконання та впровадження результатів виконаної МКНР здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{B}{\eta}, \quad (4.18)$$

де η – коефіцієнт, який характеризує стадію виконання даної НДР.

Оскільки, робота знаходиться на стадії науково-дослідних робіт, то коефіцієнт $\beta = 0,7$.

Звідси:

$$ЗВ = \frac{158841}{0,7} = 226915,71 \text{ грн.}$$

4.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки

У даному підрозділі кількісно спрогнозуємо, яку вигоду, зиск можна отримати у майбутньому від впровадження результатів виконаної наукової

роботи. Розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства $\Delta\Pi_i$, для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, за формулою

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\nu}{100}\right) \quad (4.19)$$

де ΔC_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році.

N – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

ΔN – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки:

C_0 – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки:

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. Ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$.

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. $\rho = 0,25$;

ν – ставка податку на прибуток. У 2024 році – 18%.

Припустимо, що при впровадженні результатів наукової розробки підвищиться якість відновлення робочих поверхонь прокатних валків та отримання економічного ефекту. Припустимо, що ціна зросте на 3000 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року на 40 шт., протягом другого року – на 20 шт., протягом третього року на 10 шт. Реалізація продукції до впровадження розробки складала 1 шт., а її ціна до 90000 грн. Розрахуємо прибуток, яке отримає підприємство протягом трьох років.

$$\begin{aligned}\Delta\Pi_1 &= [3000 \cdot 1 + (90000 + 3000) \cdot 40] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) \\ &= 635987,06 \text{ грн.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\Pi_2 &= [3000 \cdot 1 + (90000 + 3000) \cdot (40 + 20)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) \\ &= 956211,87 \text{ грн.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\Pi_3 &= [3000 \cdot 1 + (90000 + 3000) \cdot (40 + 20 + 10)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) \\ &= 1115080,5 \text{ грн.}\end{aligned}$$

4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Розрахуємо основні показники, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності.

Розрахуємо величину початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки.

$$PV = k_{\text{інв}} \cdot 3B, \quad (4.20)$$

$k_{\text{інв}}$ – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію. Це можуть бути витрати на підготовку приміщень, розробку технологій, навчання персоналу, маркетингові заходи тощо ($k_{\text{інв}} = 2 \dots 5$).

$$PV = 2 \cdot 226915,71 = 453831,42$$

Розрахуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{абс}$ згідно наступної формули:

$$E_{абс} = (ПП - PV) \quad (4.21)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство від реалізації результатів наукової розробки, грн.;

$$ПП = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^i}, \quad (4.22)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДЦКР, грн.;

T – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,2;

t – період часу (в роках).

$$ПП = \frac{635987,06}{(1+0,2)^1} + \frac{956211,87}{(1+0,2)^2} + \frac{1115080,5}{(1+0,2)^3} = 1842327,86 \text{ грн.}$$

$$E_{абс} = (1842327,86 - 453831,42) = 1388496,45 \text{ грн.}$$

Оскільки $E_{абс} > 0$ то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР може бути доцільним.

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_s . Для цього користуються формулою:

$$E_6 = \sqrt[3]{1 + \frac{E_{\text{абс}}}{PV}} - 1, \quad (4.23)$$

$T_{\text{жс}}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_6 = \sqrt[3]{1 + \frac{1388496,45}{453831,42}} - 1 = 0,92 = 92\%$$

Визначимо мінімальну ставку дисконтування, яка у загальному вигляді визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (4.24)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2024 році в Україні $d = (0,14 \dots 0,2)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05 \dots 0,1)$.

$$\tau_{\min} = 0,18 + 0,05 = 0,23.$$

Так як $E_6 > \tau_{\min}$ то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{E_6} \quad (4.25)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{0,92} = 1,1 \text{ роки}$$

Так як $T_{\text{ок}} \leq 3 \dots 5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним.

4.5 Висновки до економічного розділу

Результати здійсненого технологічного аудиту вказують на високому рівні комерційного потенціалу. У порівнянні з аналогічним виробом виявлено, що нова розробка вищої якості і більш конкурентоспроможна, як з технічних, так і економічних позначень.

Вкладені інвестиції в структуроутворення поверхневих шарів вал шестерні редуктора молотильного механізму комбайна під час відновлення окупляться через 1,1 роки, загальні витрати на розробку складуть 226915,71 грн.

ВИСНОВКИ

Під час проведення теоретичних і експериментальних досліджень при виконанні магістерської кваліфікаційної роботи були отримані наступні результати:

1. За рахунок контрольованого тепловідведення можливо керувати структуроутворенням наплавленого високовуглецевого покриття, його фізико-механічними властивостями, та зносостійкістю.

2. При швидкості наплавлення 20 м/год та 23 м/год високовуглецеве покриття має мартенситно-ледебуритно-аустенітну структуру. При збільшенні швидкості наплавлення до 26 м/год отримані високовуглецеві покриття мають ледебуритну структуру.

3. При зменшенні швидкості наплавлення високовуглецевого покриття від 23 м/год до 20 м/год відбувається зменшення твердості від 51 до 44 одиниць HRC. При швидкості наплавлення високовуглецевого покриття 26 м/год твердість покриття дорівнює 60 одиниць HRC.

4. З отриманих результатів та побудованих залежностей мікротвердості по глибині наплавленого шару впливає, що твердість наплавленого шару збільшується від поверхні вглиб.

5. Технологічний процес розроблений для ремонту Вал - шестерні редуктора молотильного механізму комбайну забезпечує підвищення якості відновлення зношених поверхонь.

6. Запропоновано технологія може бути використана на підприємстві.

7. Розроблена установка з числовим прогамним керуванням для плазмового напилення дозволяє автоматизувати запропановану технологію.

8. Використання модернізованого технологічного процесу на підприємстві дозволить отримати позитивний економічний ефект.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шенфельд В. Й. Підвищення зносостійкості сталевих деталей наплавленням з використанням вуглецевих волокнистих матеріалів : дис.... канд. тех. наук: 05.02.04 / Вінницький національний технічний університет. Вінниця. 2014. 164 с.
2. Савуляк В.І. Наплавлення високовуглецевих зносостійких покриттів/ Савуляк В. І., Шенфельд В.Й.// Монографія. Вінниця: ВНТУ, - 2016.-124 с.
3. Циганенко Н. І. Вплив легування на структуру та властивості евтектичних та доевтектичних титан-боридних і титан-силіцидоборидних сплавів : дис. канд. техн. наук : 05.16.01 / Циганенко Наталія Іванівна. – К., 2015. – 24 с.
4. Биба Є. Г. Формування структури та механічних властивостей конструкційних титанових сплавів під час активованого спікання порошків гідриду титану : дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.16.06 / Биба Є. Г. – Київ, 2016. – 25 с.
5. Л. А. Тимофеева, Л. В. Волошина, і П. М. Гордієнко, «Аналіз технологічних параметрів процесу нанесення зносостійкого покриття,» Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту, Харків, вип. 170, с. 13-19, 2017.
6. V. G. Pysarenko, “The combined chemic-thermal processing as a way of increase of durability of details of exact mechanics,” Problems of Tribology, no. 60 (2), pp. 75-78, 2014. [Electronic resource]. Available: <https://tribology.khnu.km.ua/index.php/ProbTrib/article/view/334> .
7. Дмитриченко М.Ф. Триботехніка та основи надійності машин /М.Ф. Дмитриченко, Р.Г. Мнацаканов, О.О. Мікосянчик // К.: Інформавтодор, 2006 – 216с.
8. Попов С. М. Триботехнічні та матеріалознавчі аспекти руйнування сталей і сплавів при зношуванні / С. М. Попов, Д. А. Антонюк, В. В. Нетребко – Запоріжжя: ЗНУ, ВАТ «Мотор Січ», 2010, – 368 с.

9. Savulyak V.I. Melted steel reaction with carbon fibers / V.I. Savulyak O.V. Postupailo // The Eighth International Congress in Materials Science and Engineering – ISSIM - Iasi – Romania 2013. – p. 65-70.
10. Das D. K. Prior Austenite Grains in Steels laser Surface Alloyed with Carbon // Materials characterization.– 1997. – V. 38, No 3. – P. 135–141.
11. Abboud J. H. Laser surface treatments of iron-based substrates for automotive application / J. H. Abboud, K. Y. Benyounis, A. G. Olabi, M. S. J. Hashmi // Journal of Materials Processing Technology. – 2007. – V. 182, No 1. – P. 427–431.
12. Khalfallah I. Y. Microstructure and corrosion behavior of austenitic stainless steel treated with laser / I. Y. Khalfallah, M. N. Rahoma, J. H. Abboud, K. Y. Benyounis // Optics&Laser Technology. – 2011. – V. 43. – P. 806–813.
13. Fadeev S. N. Technological applications of BINP industrial electron accelerators with focused beam extracted into atmosphere / S. N. Fadeev, M. G. Golkovsky, A. I. Korchagin, N. K. Kuksanov, A.V. Lavruhin, S. E. Petrov, R. A. Salimov, A. F. Vaisman // Radiation Physics and Chemistry. –2000. – Vol. 57, No 3-6. – P. 653–655.
14. Bataev I. A. Non-vacuum electronbeam boriding of low-carbon steel / I. A. Bataev, A. A. Bataev, M. G. Golkovsky, A.Yu. Teplykh, V. G. Burov, S. V. Veselov // Surface and Coatings Technology. – 2012. – No 207. – P. 245–253.
15. Teplykh A. Boride Coatings Structure and Properties, Produced by Atmospheric Electron-Beam Cladding / A. Teplykh, M. Golkovsky, A. Bataev, E. Drobyaz, S. Veselov, E. Golovin, I. Bataev, A. Nikulina // Advanced Materials Research. – 2011. – Vols. 287–290. – P. 26–31.
16. Eroglu M. Tungsten-inert gas surface alloying of a low carbon steel / M. Eroglu, N. Ozdemir // Surface and Coatings Technology. – 2002. – № 154. – P. 209–217.

17. Л. А. Тимофеева, Л. В. Волошина, і П. М. Гордієнко, «Аналіз технологічних параметрів процесу нанесення зносостійкого покриття,» Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту, Харків, вип. 170, с. 13-19, 2017.
18. Л. С. Кривчик, Т. С. Хохлова, Л. М. Дейнеко, В. Л. Пінчук, і В. О. Столбовий, «Зміцнення трубного інструменту шляхом проведення комбінованої обробки — іонного азотування з нанесенням зносостійких покриттів,» Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід, матеріали IV Міжнар. конф. Гельсінкі, 6-8 грудня, 2021 р. ДніпроГельсінкі, 2021, с. 186-199.
19. В. В. Аулін, і В. Ф. Лисенко, Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах, моногр. Кіровоград, 2014, 369 с
20. Шенфельд В. Й. Модифікування поверхонь сталевих деталей плазмовою обробкою / В. І. Савуляк, В.Й. Шенфельд, М.С. Дмитрієв // Тези доповіді на 1-й Міжнародній науково-технічній конференції «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2019» 13-15 травня 2019 р.
21. Савуляк В. І. Синтез зносостійких композиційних матеріалів та поверхневих шарів з екзотермічних компонентів [Текст] : монографія / В. І. Савуляк. –Вінниця :УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2002. – 161 с. - ISBN 966-641-041-9.
22. Шевченко О. В. Композиційні плазмові покриття на основі порошків валкових чавунів / О. В. Шевченко // Автореферат на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – 2004. Київ. – С. 24.
23. Попов В. С. Зносостійкість сплавів, відновлення та зміцнення деталей машин / В. С. Попов. – Запоріжжя: Вид-во ВАТ «Мотор Січ», 2006 – 420 с.
24. Popov S. N. Adequacy analysis of methods of forecasting the abrasive stability steels and alloys / S. N. Popov // Problems of Tribology. – 2005. – №2. – С.95–102.

25. Канарчук В.С. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У. 3 кн. Кн. 3. Ремонт транспортних засобів: Підручник / В.Є.Канарчук, О.А.Дудченко, А.Д. Чигрінець.—К.: Вища школа, 1994. - 599с: ил.
26. Гайдамак О.Л. Вузли та деталі ремонтного виробництва автотракторної техніки. Лабораторний практикум / О.Л. Гайдамак, В.І.Савуляк. - Вінниця: ВНТУ, 2006. - 92 с.
27. Хітров І.О., Гавриш В.С. Ремонт машин і обладнання: навчальний посібник, – Рівне: НУВГП, 2012. – 184 с.
28. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 / О.В. Дерібо. - Вінниця : ВНТУ, 2014. — 114 с.
29. Савуляк В.І., Технічне нормування в ремонтному виробництві / В. І. Савуляк С. П. Білошицький. - Вінниця: ВНТУ [Електронний ресурс], 2009.
30. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

ДОДАТКИ

Додаток А
(Обов'язковий)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ВАЛ-ШЕСТЕРНІ
РЕДУКТОРА МОЛОТИЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ КОМБАЙНА ПІД ЧАС
ВІДНОВЛЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ГМ
д.т.н., проф. _____ Л.К. Поліщук
«__» _____ 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу
СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ВАЛ-ШЕСТЕРНІ
РЕДУКТОРА МОЛОТИЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ КОМБАЙНА ПІД ЧАС
ВІДНОВЛЕННЯ
08 – 62. МКР.006.00.000 ТЗ

Керівник: к.т.н., доцент каф. ГМ
_____ В.Й. Шенфельд
Виконав: ст.гр. 13В-23м
_____ Є.О. Прокопчук

Вінниця 2024

Розробка технічного завдання на магістерську кваліфікаційну роботу

Розробка технічного завдання на магістерську кваліфікаційну роботу складається з основних етапів, які відповідають стандарту та ГОСТ 2.103-68.

Підстава для розробки наказ ректора ВНТУ № 310 від «17» вересня 2024 року

1 Назва та об'єкт проектування

Назва: Структурування поверхневих шарів вал шестерні редуктора молотильного механізму комбайна під час відновлення.

Умовне позначення: 08-62.МКР.006.00.000 ТЗ

Деталь «Вал-шестерня» працює у вузлі «Редуктор молотильного механізму комбайну».

Деталь «Вал-шестерня» виготовляється із сталі 40Х ГОСТ 977-75. Має ступінчасту зовнішню поверхню. Для закріплення деталі у вузлі передбачена поверхня під підшипники $\varnothing 120^{+0,017}_{-0,002}$ довжина якої становить 78 мм.

Важкодоступних місць немає.

Можливе суміщення технологічних і вимірювальних баз при виконанні розмірів, що мають вказані допустимі відхилення.

Вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів, шорсткості та відхилень геометричної форми та відносного розташування поверхонь з геометричними похибками верстатів є відповідними.

У введенні штучних баз необхідності немає.

Вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів, шорсткості та відхилень геометричної форми та відносного розташування поверхонь з геометричними похибками верстатів є відповідними.

Задані на кресленні розміри можуть використовуватись для безпосереднього вимірювання на деталі.

На кресленні деталі немає специфічних вимог і тому немає необхідності змінювати вимоги.

Квалітети точності та шорсткість оброблюваних поверхонь можуть бути забезпечені при застосуванні відповідних методів обробки та кількості переходів. Відносне розташування поверхонь може бути забезпечене за рахунок застосування відповідних схем базування при механічній обробці та правильної організації змісту операцій.

2 Мета, завдання, призначення та джерела розробки

Розробка технологічного процесу проводиться на основі завдання на магістерську кваліфікаційну роботу згідно наказу ректора ВНТУ №310 від 17.09.24 р., складеного у відповідності до вимог навчального плану підготовки спеціалістів у ВНТУ і затвердженого кафедрою ГМ.

Призначенням даної магістерської кваліфікаційної роботи є виконання технологічних та конструкторських розробок для вдосконалення технологічного процесу аналога. Це можливо досягнути шляхом введення необхідних операцій для кращих експлуатаційних властивостей кронштейна підтримуючого котка, проведення необхідних розрахунків оптимальних режимів обробки та модернізації, або проектуванням нової конструкції окремого технологічного обладнання.

Мета магістерської кваліфікаційної роботи підвищення зносостійкості та відновлення робочих поверхонь вал-шестерні редуктора молотильного механізму комбайну.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз існуючих способів відновлення;
2. Вивчити характер і розмір зносу вал-шестерні редуктора молотильного механізму комбайну;
3. Дослідити властивості та структури покриттів, та відпрацювати режими відновлення вал-шестерні редуктора молотильного механізму комбайну;
4. Розробити технічне завдання на проектування установки для напилення.

Джерелами розробки є:

- методика проектування технологічного процесу відновлення деталей типу вал;
 - методика модернізації та проектування конструкції технологічного обладнання;
 - вимоги до комплексу документів “Єдина система конструкторської та технічної документації”;
 - загальні правила класифікації, розробки технологічних процесів і вибір засобів технологічного оснащення та процесів Р 50-54-93-88;
 - ДЕСТ 14.305-93 – Правила вибору технологічної оснастки; технічна література, довідникові видання.
1. Савуляк В.І., Ремонт та відновлення деталей машин та апаратів. Методичні вказівки до виконання курсових проектів / В.І. Савуляк. - Вінниця: ВНТУ [Електронний ресурс], 2009.
 2. Шиліна О.П. Газотермічні методи напилювання покриттів. Навчальний посібник./ О.П. Шиліна, А.Ю. Осадчук/ ВНТУ, 2006. – 103 с

3. Гругурко І.О. Технологія машинобудування (дипломне проектування). Навчальний посібник./І.О. Григурко, М.Ф. Брендюля, С.М. Доценко – 2007р. – 768 с.
4. Нанесення покриття : [навчальний посібник] / [В. М. Корж, В. Д. Кузнецов, Ю. С. Борисов, К. А. Ющенко] ; за редакцією академіка НАН України К. А. Ющенка – К. : Аристей, 2005. – 204 с.
5. Наплавлення: навч. посібник // Власов А.Ф., Кузнецов В.Д., Макаренко Н.О., Богуцький О.А. – Краматорськ, ДДМА, 2010. – 336с.
6. Козловський, В. О. Основи підприємництва : навчальний посібник. Видання 3-ге, переробл. та доповн. / В. О. Козловський. Вінниця : 2023. 132 с.
7. Оснач О. Ф. Промисловий маркетинг: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / О. Ф. Оснач, В. П. Пилипчук, Л. П. Коваленко – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 364 с.
8. Савуляк В.І. Відновлення деталей автомобілів. Навчальний посібник / В.І. Савуляк, В.Т. Івацько. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 104 с.
9. Савуляк В. І. Магістерська кваліфікаційна робота. Загальні вимоги та рекомендації до її виконання : навчальний посібник. / В. І. Савуляк, О. П. Шиліна – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 64 с.

3 Технічні вимоги та економічні показники

3.1 Вимоги до загальної структури і послідовності проектування

Зміст розділів магістерської кваліфікаційної роботи та строки їх виконання визначаються завданням на магістерську кваліфікаційну роботу та положенням кафедри по модульно-рейтинговій оцінці рівня та термінів виконання роботи.

Стадії розробки та етапи робіт встановлені по ГОСТ 2.103-68.

Поетапні строки, що вказуються в ТЗ, є орієнтовними. Основними строками виконання робіт вважають строки, які встановлені в плані дослідно-конструкторських робіт.

Зміст стадій проектування та строки їх виконання визначаються завданням на магістерську кваліфікаційну роботу.

3.2 Вихідні дані для технологічного проектування

Приймаємо наступні вихідні дані для технологічного проектування:

- річний обсяг ремонту вала проміжної роздаткової коробки 1000 шт,
- знос поверхонь, що відновлюються менше 0,3 мм, від робочого креслення.

3.3 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації

З метою підвищення надійності, ремонтпридатності та економічності експлуатації технологічного обладнання, що розробляється, слід максимально застосувати стандартні вироби.

Рівень стандартизації та уніфікації конструкції повинен складати не менше 80%.

3.4 Вимоги до техніки безпеки та охорони навколишнього середовища

Конструктивні рішення повинні відповідати вимогам безпеки згідно встановлених параметрів відповідних стандартів по охороні праці та безпеці виробництва.

Викиди в навколишнє середовище не повинні перевищувати параметри, встановлені екологічним паспортом підприємства.

4 Стадії та етапи розробки

Проектування технологічного процесу повинно проводитись з використанням варіантного пошуку раціонального рішення, включати такі основні етапи:

- техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу відновлення вал-шестерні редуктора молотильного механізму комбайну;
- розробка основної проектної задачі;
- технологічне проектування технологічного процесу;
- розробка обладнання та пристосування для технологічного процесу;
- охорона праці, навколишнього середовища та ЦО;
- економічна ефективність розробок.

5. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відзив наукового керівника, відзив опонента, протоколи складання державних екзаменів, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

6. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів графічної та розрахункової документації МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженою наказом ректора.

Контроль та приймання розробок виконується у відповідності до „Положення про магістерське проектування” на кафедрі ГМ.

Технічне завдання оформлюється у відповідності з загальними вимогами до текстових конструкторських документів по ГОСТ 2.705-79, на листах формату А4 по ГОСТ 9327-90.

8. Вимоги до оформлення МКР

Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011р.

9. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом

Відсутні.

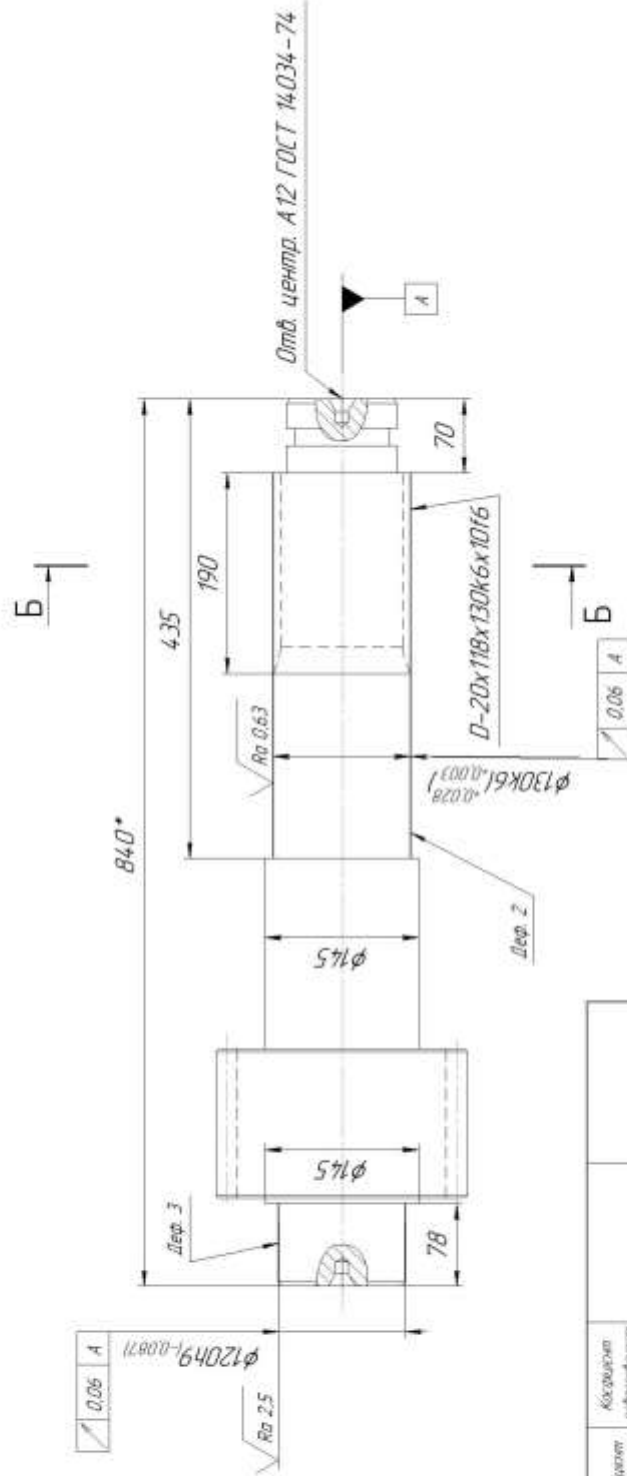
Додаток Б
(Обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ВАЛ-ШЕСТЕРНІ
РЕДУКТОРА МОЛОТИЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ КОМБАЙНА ПІД ЧАС
ВІДНОВЛЕННЯ

08-27.МКР.005.00.002Р

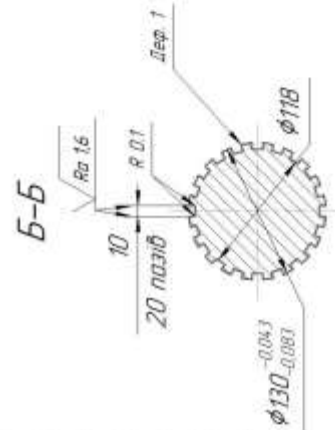
$\sqrt{Ra\ 3.2\ \text{N}/1}$



№ дефекта	Наименование дефекта	Критерий годности	Критерий годности	Критерий годности
1	Экс. шквал блу. до 12 мм	0.68	0.8	Накладка п/д фласен
2	Экс. шквал блу. до 12 мм	0.8	0.87	Накладка п/д фласен
3	Экс. шквал блу. до 12 мм	0.6	0.71	Накладка п/д фласен

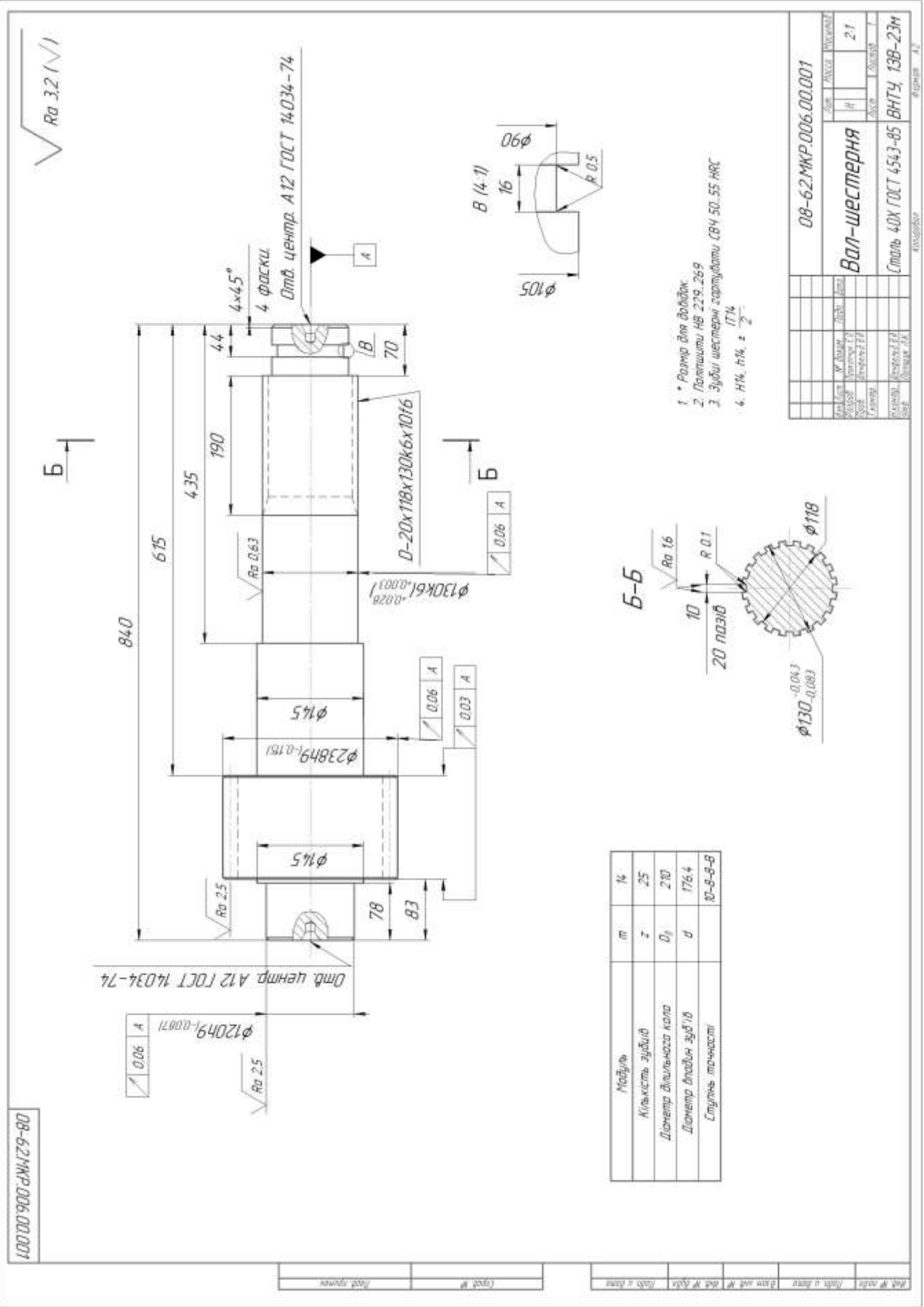
Вал-шестерня не применяется на дальнейшее до изготовления скелет та трещин

1. * Размеры для доп. доп.
2. Шлиф. Деф. 1 по ГОСТу НВ 279.269
3. НН, НН, ± 2



08-27.МКР.005.00.002Р	Вал-шестерня	ремонтные кресления	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 ВНТУ, 13В-18м
Дет. 1	Дет. 2	Дет. 3	Дет. 4
Дет. 5	Дет. 6	Дет. 7	Дет. 8
Дет. 9	Дет. 10	Дет. 11	Дет. 12
Дет. 13	Дет. 14	Дет. 15	Дет. 16
Дет. 17	Дет. 18	Дет. 19	Дет. 20
Дет. 21	Дет. 22	Дет. 23	Дет. 24
Дет. 25	Дет. 26	Дет. 27	Дет. 28
Дет. 29	Дет. 30	Дет. 31	Дет. 32
Дет. 33	Дет. 34	Дет. 35	Дет. 36
Дет. 37	Дет. 38	Дет. 39	Дет. 40
Дет. 41	Дет. 42	Дет. 43	Дет. 44
Дет. 45	Дет. 46	Дет. 47	Дет. 48
Дет. 49	Дет. 50	Дет. 51	Дет. 52
Дет. 53	Дет. 54	Дет. 55	Дет. 56
Дет. 57	Дет. 58	Дет. 59	Дет. 60
Дет. 61	Дет. 62	Дет. 63	Дет. 64
Дет. 65	Дет. 66	Дет. 67	Дет. 68
Дет. 69	Дет. 70	Дет. 71	Дет. 72
Дет. 73	Дет. 74	Дет. 75	Дет. 76
Дет. 77	Дет. 78	Дет. 79	Дет. 80
Дет. 81	Дет. 82	Дет. 83	Дет. 84
Дет. 85	Дет. 86	Дет. 87	Дет. 88
Дет. 89	Дет. 90	Дет. 91	Дет. 92
Дет. 93	Дет. 94	Дет. 95	Дет. 96
Дет. 97	Дет. 98	Дет. 99	Дет. 100

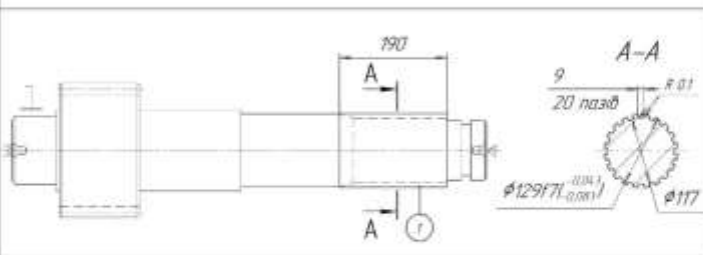
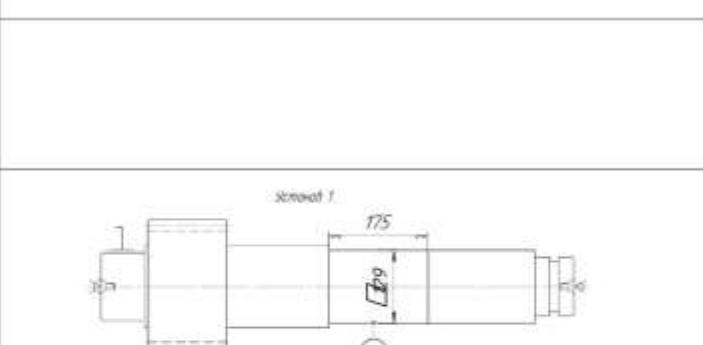
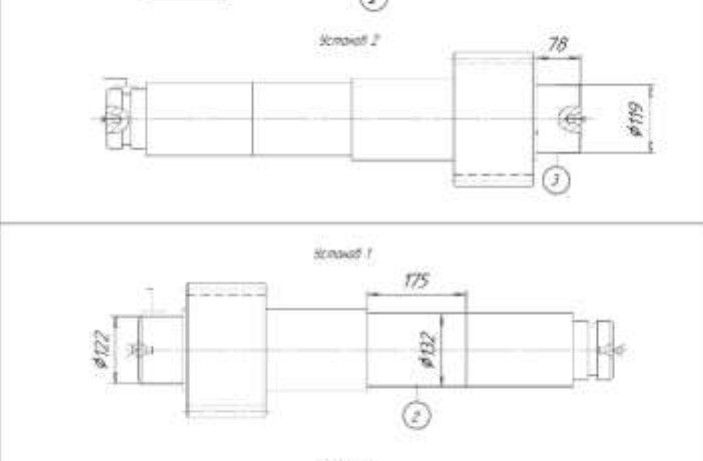
08-27.МКР.005.00.002Р



- 1. * Размер для доводки
- 2. Поля отклонения НВ 229.269
- 3. Зубцы шестерни гартундаты СВЧ 50.55 НРС
- 4. Н16, н16, $\pm \frac{1}{2}$

Модуль	m	16
Количество зубцов	z	25
Диаметр делительного круга	d_f	210
Диаметр делительного зубца	d	176.4
Степень точности		8-9-9-B

08-62 МКР.006.00.001			
Вал-шестерня			
Деталь	Материал	Измерения	Толерансы
Вал	Сталь 40Х ГОСТ 4543-85	ВНТЧ, 13В-23м	

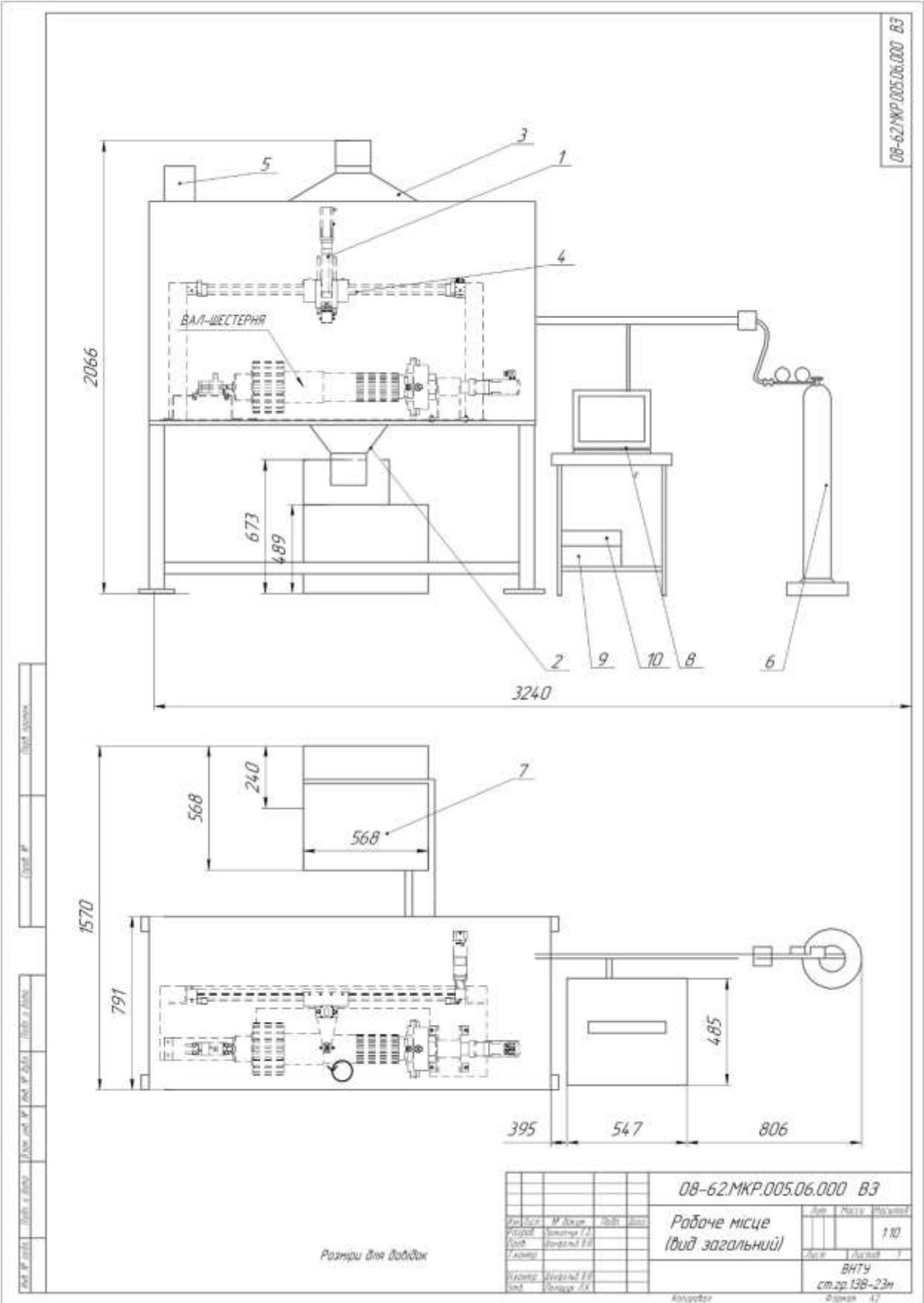
№ опер	Операційні переходи	Операційний ескіз	Модел верстатів
005	<u>Очищувальна</u> 1.Мити деталь.		Мийна машина ДМ-4610
010	<u>Фрезерувальна</u> 1.Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2.Фрезерувати шлицеві пази поверхні 1 до розмірів за ескізом.		Фрезерний верстат 6М610Ф3
015	<u>Напильвальна</u> 1.Встановити, закріпити зняти заготовку. 2.Поздовжно зашліфувати шлицеві пази поверхні 1, до розмірів за ескізом.		Установка для напильвання
020	<u>Термічна</u> 1.Відпустити заготовку		ВЧГ-3-160/ 0.066
025	<u>Токарна</u> Установ 1 1.Встановити, закріпити, зняти заготовку. 3.Точити поверхню 2 до розміру $\phi 129$ мм Установ 2 4.Передстановити деталь 5.Точити поверхню 3 до розміру $\phi 119$ мм		Токарно- гвин- тарний верстат 16К20,
030	<u>Напильвальна</u> Установ 1 1.Встановити, закріпити зняти заготовку. 2.Напильити поверхню 2 до розмірів за ескізом Установ 2 2.Передстановити деталь 2.Напильити поверхню 3 до розмірів за ескізом.		Установка напильвальна УНП-6

№ опер	Операційні переходи	Операційний ескіз	Модель верстатів
035	<i>Токарна</i> <i>Установка 1</i> 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Точити поверхню 1 до розміру $\phi 130$ мм. 3. Точити поверхню 2 до розміру $\phi 130,5$ мм. <i>Установка 2</i> 4. Точити поверхню 3 до розміру $\phi 120,5$ мм. 5. Точити фаску $4 \times 45^\circ$.		Токарно-гвинтарний верстат 16К20.
040	<i>Фрезерувальна</i> 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку. 2. Фрезерувати шліцею пази поверхні 1 до розмірів за ескізом.		Фрезерний верстат 6М1610Ф3.
045	<i>Термічна</i> 1. Загартувати заготовку.		ВЧГ-3-160/ 0,066
050	<i>Шліфувальна</i> 1. Встановити, закріпити заготовку. 2. Шліфувати поверхні 2,3 до розмірів за ескізом. 3. Зняти заготовку.		Кругло-шліфувальний верстат 3М153.
055	<i>Шліцевшліфувальна</i> 1. Встановити, закріпити заготовку. 2. Шліфувати шліци до розмірів за ескізом. 3. Зняти заготовку.		Шліфувальний верстат МШ24В.
060	<i>Контрольна</i> 1. Виміряти розміри відновлених поверхонь. 2. Порівняти з розмірами на кресленні.		Контрольний стіл.

[illegible]

						08-62.МКР.006.06.000.СК			
Він. Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Плазмодій напильвальний пристрій		Лист	Масса	Масштаб	
Разраб	Прокопчук Є.В.							1:1	
Проб.	Шенфельд В.Я.								
Технотр.									
Н.контр.	Шенфельд В.Я.					Лист	Листов	1	
Умб.	Поліщук Л.К.					ВНТУ, ЗВ-23М			

Формат А3



Додаток В
(Обов'язковий)

СПЕЦИФІКАЦІЇ

СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ВАЛ-ШЕСТЕРНІ
РЕДУКТОРА МОЛОТИЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ КОМБАЙНА ПІД ЧАС
ВІДНОВЛЕННЯ

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №					Документация		
	A1			08-62.МКР.005.06.000 ВЗ	Вид загальний		
					Складальні одиниці		
Подп. и дата	A3	1		08-62.МКР.005.06.100	Вентиляція верхня	1	
	A3	2		08-62.МКР.005.06.200	Вентиляція нижня	1	
	A1	3		08-62.МКР.005.06.300	Захисна камера	1	
	A2	4		08-62.МКР.005.06.400	Установка ЧПК	1	
	A2	5		08-62.МКР.005.06.500	Живильник	1	
					Стандартні вироби		
		6			Балон з плазмотворючим газом	1	
		7			Блок живлення ПДУ-31543	1	
Инв. № дубл.		8			Ком'ютер	1	
		9			Контроллер СММО-ST-C5-1	1	
					Контроллер СММР-AS-3Am	1	
Взам. инв. №							
Подп. и дата							
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08-27.МКР.005.06.000	
	Разраб.	Прокопчук Е.О.				Лит.	Лист
	Проб.	Шенфельд В.И.					Листов
							1
	Н.контр.	Шенфельд В.И.				Робоче місце	
	Утв.	Поліщук Л.К.				ст.гр. 13В-23м	

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №					<u>Документация</u>			
				08-62.МКР.005.05.000 СК	Складальне креслення			
					<u>Складальні одиниці</u>			
	A1	1	08-62.МКР.005.05.11.000	Плазмовий напильвач	1			
	A3	2	08-62.МКР.005.05.12.000	Обертач	1			
	A1	3	08-62.МКР.005.05.03.000	Рама	1			
					<u>Деталі</u>			
Подп. и дата		4	08-62.МКР.005.05.10.001	Кронштейн	1			
					1			
					<u>Стандартні вироби</u>			
		5		Вісь ESBF-BS-32-100-5P	1			
		6		Осьовий надір EAMM-A-D32-57A	1			
		7		Електромотор EMMS-ST-57-M-SEB-G2	1			
		8		Патрон токарний 7100-0003 ГОСТ1654-75	1			
				Болт ГОСТ 15590-70				
Подп. и дата		11		M10-6gx25.58(S14)	4			
		12		Гайка M10-6g.H.5 ГОСТ 15552-70	4			
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08-62.МКР.005.05.000		
	Разраб.	Прокопчук Е.О.				Установка з числовим програмним керування для відновлення деталей		
	Проб.	Шенфельд В.Й.						
	Н.контр.	Шенфельд В.Й.						
	Утв.	Поліщук Л.К.					Лит.	Лист
								1
						ВНТУ, ст.гр. ЗВ-23 м		

Додаток Г
(Обов'язковий)

**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ВАЛ-ШЕСТЕРНІ
РЕДУКТОРА МОЛОТИЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ КОМБАЙНА ПІД ЧАС
ВІДНОВЛЕННЯ

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Структурування поверхневих шарів вал-шестерні редуктора молотильного механізму комбайна під час відновлення»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ Кафедра «Галузевого машинобудування», ФМТ.
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність 83% Схожість 17%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

✓ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Шенфельд В. Й.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Turnitin щодо роботи.

Автор роботи

(підпис)

Прокопчук Є. О.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Шенфельд В. Й.

(прізвище, ініціали)