

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

Магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: ***Проект ділянки ремонтного цеху для ремонту кришки кожуха на піввісі 5551-1309011 та шкворня поворотного кулака 500А-3001018 автомобіля МАЗ-5550С5 з дослідженням якості відновлюваної поверхні шкворня поворотного кулака***

Виконав: студент (ка) VI курсу групи МАм-62
спеціальності (напряму підготовки) 274
«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Шумелда С.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Тесля В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Левкович М.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
Кафедра Автомобілів
Освітньо-кваліфікаційний рівень Магістр
Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)
Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри д.т.н., доц., О.Л.Ляшук

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Шумелда Сергій Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект дільниці ремонтного цеху для ремонту
кришки кожуха напіввісі 5551-1309011 та шкворня поворотного кулака 500А-3001018
автомобіля МАЗ-5550С5 з дослідженням якості відновлюваної
поверхні шкворня поворотного кулака

Керівник роботи Тесля Володимир Олегович к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «07» жовтня 2019 року № 4/7 – 886

2. Термін подання студентом роботи _____
3. Вихідні дані до роботи Марка автомобіля МАЗ-5550С5, базовий технологічний.
процес ремонту кришки кожуха напіввісі та шкворня поворотного кулака

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Загально-технічний розділ. Технологічний розділ. Конструкторський розділ. Спеціальний
розділ. Науково-дослідний розділ. Проектний розділ. Обґрунтування економічної
ефективності. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Екологія.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Аналіз технологій, що застосовуються при відновленні деталей автомобілів (1 А1)
Кришка кожуха напіввісі переднього моста (1 А2). Шкворень поворотного кулака (1 А2)
Карта ескізів (2 А1). Приспосіблення спеціальне для фіксації кришки кожуха напіввісі
переднього моста (1 А1). Планування ділянки з відновлення кришки та шкворня (1 А1)
Охорона праці та навколишнього середовища (1 А1).
Економічне обґрунтування проектних рішень (1 А1)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Обґрунтування економічної ефективності</i>	<i>доцент Гудь В.З.</i>		
<i>Спеціальний розділ</i>	<i>доцент Лящук О.Л.</i>		
<i>Охорони праці</i>	<i>доцент Ткаченко І.Г.</i>		
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>ст. викладач Клепчик В.М.</i>		
<i>Екологія</i>	<i>доцент Зварич Н.М.</i>		

7. Дата видачі завдання 08.10.2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Загально-технічний розділ</i>	<i>15.10.19р.</i>	
2	<i>Технологічний розділ</i>	<i>22.10.19 р.</i>	
3	<i>Конструкторський розділ</i>	<i>28.10.19 р.</i>	
4	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>04.11.19 р.</i>	
5	<i>Науково-дослідний розділ</i>	<i>11.11.19 р.</i>	
6	<i>Проектний розділ</i>	<i>15.11.19 р.</i>	
7	<i>Обґрунтування економічної ефективності</i>	<i>27.11.19 р.</i>	
8	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуація</i>	<i>04.12.19 р.</i>	
9	<i>Екологія.</i>	<i>11.12.19 р.</i>	
10	<i>Графічна частина</i>	<i>18.12.19 р.</i>	

Студент _____
(підпис)

Шумелда С.І. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Тесля В.О. _____
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Об'єкт дослідження – процес відновлення кришки кожуха напіввісі та шкворня поворотного кулака автомобілів МАЗ.

Мета роботи – удосконалювання технологічного процесу відновлення кришки кожуха напіввісі та шкворня поворотного кулака автомобілів МАЗ в умовах авторемонтного виробництва.

Метод дослідження - теоретичний аналіз.

Розглянуто умови роботи кришки кожуха напіввісі та шкворня поворотного кулака автомобілів МАЗ і конструктивно-технологічні особливості, обумовлені їхнім призначенням. Встановлено причини виникнення дефектів, виявлені основні дефекти, що регламентують ресурс деталей. Розроблено вдосконалені технологічні процеси відновлення кришки кожуха напіввісі та шкворня поворотного кулака в умовах авторемонтного виробництва з застосуванням перспективної технології плазменого наплавлення.

Розроблено конструкцію пристосування, що використовується для закріплення кришки кожуха напіввісі при механічній обробці - розточуванні отвору після напилення.

Розраховано кількість устаткування й число виробничих робітників, необхідних для відновлення кришки кожуха напіввісі та шкворня поворотного кулака автомобілів МАЗ в умовах авторемонтного підприємства. У розділі з охорони праці й навколишнього середовища здійснені розрахунки шуму виробничого цеху.

Економічний аналіз підтверджує доцільність проектних рішень. Результати можуть бути використані в ремонтному виробництві.

ЗМІСТ

Вступ	7
1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Сучасні методи ремонту наплавленням зношених поверхонь деталей..	9
1.2 Плазмове наплавлення як сучасний спосіб відновлення зношених деталей автомобілів	17
1.3 Склад і структура наплавлених зносостійких покриттів	22
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	25
2.1 Технічні умови на контроль-сорткування кришки кожуха напіввісі та шкворня поворотного кулака автомобілів МАЗ	25
2.2 Розробка технологічних маршрутів та вибір оснащення операцій відновлення кришки кожуха напіввісі та шкворня поворотного кулака ...	27
2.3 Розрахунок режимів різання й нормування операцій відновлення кришки кожуха напіввісі та шкворня поворотного кулака	33
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	60
3.1 Застосування пристосувань в авторемонтному виробництві	60
3.2 Аналіз конструкції пристосування і його роботи	61
3.3 Силовий розрахунок пристосування	62
3.4 Розрахунок гідравлічного приводу пристосування	64
4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	67
4.1 Інтеграція систем	67
4.2 Огляд сучасних програмних продуктів для можливого проектування технологічного забезпечення процесу ремонту деталей	72
5 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	76
5.1 Аналіз останніх досліджень і публікацій	76
5.2 Підвищення якості поновлюваних поверхонь деталей	79
6 ПРОЕКТНИЙ РОЗДІЛ	83
6.1 Призначення ділянки	83
6.2 Технологічний процес ділянки	83
6.3 Режим роботи й річні фонди часу	84

6.4	Визначення річної трудомісткості ремонту на ділянц	86
6.5	Розрахунок необхідної кількості устаткування	88
6.6	Розрахунок кількості виробничих, допоміжних робітників та службовців ділянки	89
7	ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	91
7.1	Виробнича санітарія	92
7.2	Техніка безпеки	95
7.3	Електробезпека	97
7.4	Протипожежна безпека	100
7.5	Охорона навколишнього середовища	102
7.6	Шкідливі та небезпечні фактори на проєктованому підприємстві	102
7.7	Розрахунок шуму виробничого цеху	103
7.8	Розрахунок діаметра круглого дефлектора	104
8	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..	108
8.1	Виробнича санітарія	108
8.2	Техніка безпеки	111
8.3	Пожежна безпека	112
8.4	Охорона навколишнього середовища	114
8.5	Розрахунки контуру заземлення	116
9	ЕКОЛОГІЯ	119
9.1	Актуальність проблем екології в охороні навколишнього середовища	119
9.2	Забруднення довкілля, що виникає в результаті реалізації дипломного проєкту	120
9.3	Заходи по зменшенню забруднення довкілля	121
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	125
	БІБЛІОГРАФІЯ	126
	ДОДАТКИ	127

ВСТУП

Підвищення надійності сучасної техніки, зниження собівартості її обслуговування, забезпечення конкурентоспроможності, продовження ресурсу експлуатації, а також її реновація шляхом застосування сучасних технологій для відновлення працездатності вузлів до рівня нових виробів - найбільш пріоритетні напрями розвитку техніки.

Згідно статистичних даних, парк грузової техніки України на даний момент часу на 80% складається з автомобілів, термін служби яких перевищує 10 років. Нестача коштів не дозволяє повною мірою впровадити нове обладнання, зробити інновації в технології виготовлення й ремонту [1, 2]. Економічна доцільність відновлення деталей визначається тим, що більша їхня частина виходить з ладу внаслідок природнього зносу робочих поверхонь, що супроводжується незначною втратою металу. Собівартість більшості відновлених деталей не перевищує 10-30% собівартості нових.

Спеціалізація ремонтного виробництва в цей час відбувається у напрямку централізованого відновлення деталей. В умовах ринкових відносин розширюється номенклатура відновлюваних деталей автомобілів.

Перспективність авторемонтного виробництва обумовлюється об'єктивними постійно діючими факторами. Сучасні конструктивні, технологічні й економічні основи, на яких базуються конструювання, виробництво й експлуатація автомобілів, визначають неоднаковість ресурсу окремих деталей вузлів і агрегатів і роблять їхню одночасну заміну недоцільною.

Відомо, що в результаті підвищення довговічності швидкозношуваних деталей автомобілів скорочується витрата запасних частин і матеріалів на їхнє виготовлення, зменшуються витрати праці при експлуатації й ремонті автотранспортних засобів. В ремонтному виробництві широко використовуються такі способи відновлення, як: зварювання, наплавлення, металізація и так далі. Ці способи, які володіють широкою універсальністю,

мають ряд переваг. Деталь, яка відновлена даними способами, отримує первісну форму та розміри, але при цьому наплавлений шар металу має зовсім іншу структуру і відповідно інші, більш високі, експлуатаційні якості. Разом з тим, ресурс деталей після відновлення складає в середньому не більш 60-80% ресурсу нових деталей. Одним з основних напрямків підвищення якості відновлення деталей автомобілів є удосконалювання існуючих технологічних процесів відновлення та застосування нових технологій та матеріалів [3].

Існуючі технологічні методи забезпечення стійкості до зношування поверхонь деталей вузлів тертя підрозділяють на кілька груп: хіміко-термічні, об'ємне і поверхневе загартування, електрохімічні, хімічна обробка, механотермічні, наплавлення зносостійких шарів, напилення порошкових покриттів, іонно-плазмова обробка, механічне зміцнення та інші. Застосування цих методів значною мірою пов'язане з історією розвитку автомобілебудування в розвинених країнах. Саме розвиток цих методів був викликаний прагненням підвищити експлуатаційні якості автотранспортних засобів.

Відновлення автомобільних деталей в наш час забезпечує значну економію матеріальних, трудових і фінансових ресурсів у порівнянні з виробництвом нових деталей автомобілів.

В дипломному проекті передбачається розглянути вдосконалювання технологічного процесу відновлення зношених деталей автомобілів на прикладі кришки кожуха напіввісі та шкворня поворотного кулака автомобілів МАЗ в умовах авторемонтного підприємства.

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Сучасні методи ремонту наплавленням зношених поверхонь деталей

Звичайно вид зношування визначається умовами служби деталей. У ряді випадків тим самим зовнішнім умовам експлуатації можуть відповідати різні види зношування. За ознакою основних явищ, що обумовлюють ефект зношування, його можна об'єднати в наступні чотири головні групи: механічний, молекулярно-механічний, корозійно-механічний і кавітаційний (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Основні види зношування деталей автомобілів

За видом середовищ та умовами роботи пари тертя виділяють механічне зношування, абразивне зношування, високотемпературне окисне зношування, зношування струменем рідини й інші. За механізмом руйнування поверхонь тертя розрізняють наступні види зношування: адгезійне, абразивне, при різанні, корозійне, поверхнева втома, ударне, кавітаційно-ерозійне. На практиці рідко зустрічаються випадки зношування за якимсь одним з видів, наведених вище. Звичайно вид зношування визначається умовами експлуатації деталей у складних реальних умовах і відповідно до кожної з відомих класифікацій може бути віднесений до декільком з виділених видів. У ряді випадків тим самим зовнішнім умовам експлуатації можуть відповідати різні види зношування.

Наплавлення є найпоширенішим способом відновлення деталей на авторемонтних підприємствах [4, 5]. Її широке застосування пояснюється високими техніко-економічними показниками. Наплавленням можна наростити

шар практично будь-якої товщини, різного хімічного складу й фізико-механічних властивостей. Можливості наплавлення ще більш розширюються із застосуванням різних методів зміцнення. Основними різновидами способу наплавлення, які знайшли широке застосування в практиці відновлення деталей є: електродугова, електроконтактна, вібродугова, газова, плазмова й лазерна.

Способи наплавлення ділять на групи залежно від видів застосовуваних джерел тепла, характеру легування й способу захисту формованого покриття від впливу кисню й азоту повітря [4-6]. Найбільше поширення в ремонті при нанесенні покриттів одержали способи електродугового наплавлення: під флюсом, у середовищі захисних газів, вібродугова й плазмова (табл. 1.1).

Завдання, яке вирішується при наплавленні покриттів, - одержати покриття без пор, необхідної товщини, міцно з'єднане з поверхнею деталі, потрібного хімічного складу із заданою структурою [5].

Таблиця 1.1 - Основні показники способів наплавлення

Спосіб	Товщина шару, мм	Продуктивність, кг/год	Міцність з'єднання, МПа
Електродуговий (самозахисний дріт)	0,5-3,5	1,0-3,0	450
Електродугова (під шаром флюсу)	1,0-5,0	0,3-3,0	550
Електродугова (в середовищі діоксиду вуглецю)	0,5-3,5	1,5-4,5	550
Електродугова (в середовищі аргону)	0,5-2,5	0,3-3,6	450
Вібродугова	0,5-1,5	0,3-1,5	400
Газоплазмова	0,5-3,5	0,15-2,0	480
Плазмова	0,5-5,0	1-12	490

Одним з найпоширеніших і доступних способів відновлення зношених деталей є спосіб ручного дугового наплавлення електродом. Переваги цього

способу: простота, наявність необхідного устаткування, доступність видаткових матеріалів. Недоліки - сильне нагрівання деталей і, як наслідок, у багатьох випадках їх короблення, невисокі експлуатаційні властивості наплавленої поверхні.

Наплавлення під шаром флюсу характеризується високою продуктивністю, можливістю одержувати наплавлений шар товщиною до 10 мм. Недоліки: високе нагрівання, а також значне перемішування основного й присадочного матеріалів.

Електродугове наплавлення під шаром флюсу, по суті, є розвитком ручного наплавлення електродами з товстими якісними покриттями (рис. 1.2) [7].

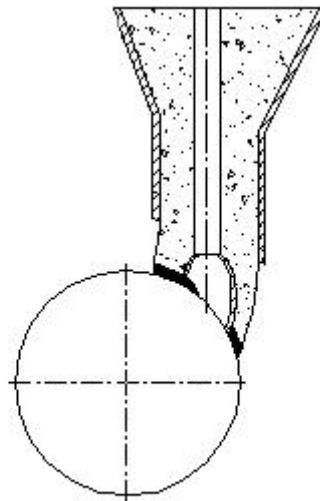
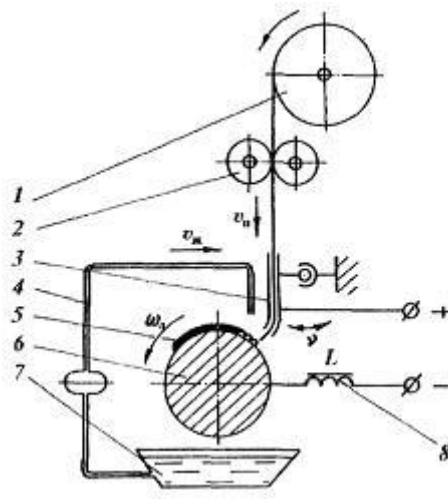


Рисунок 1.2 - Схема наплавлення під шаром флюсу

Сутність електродугового наплавлення під шаром флюсу полягає в тому, що зварювальна дуга горить між голим електродом і виробом під шаром товщиною 10-40 мм сухого гранульованого флюсу з розмірами зерен 0,5-3,5 мм. У зону наплавлення подають електродну суцільну або порошковий дріт (стрічку) і флюс. До деталі й електроду прикладають електричну напругу. При електродуговім напавленні під шаром флюсу застосовують постійний струм зворотної полярності. При напавленні циліндричних поверхонь електрод зміщують із zenіту в бік, протилежний обертанню. Величина зсуву становить 10% діаметра напавляємої деталі. Електрод повинен становити кут з

нормаллю до поверхні $6-8^\circ$. Флюс у зону наплавлення подають із бункера. Витрата флюсу й, відповідно, товщину його шару на поверхні деталі регулюють відкриттям шибера. Після запалювання дуги одночасно плавляться електродний дріт, поверхня деталі й флюс. Зварювальна дуга із краплями металу опиняється в оточенні газів і пар, обмеженому рідким міхуром з розплавленого флюсу. Цей міхур обволікає зону наплавлення й ізолює її від кисню й азоту повітря.

Вібродугове наплавлення застосовується на багатьох підприємствах через простоту устаткування, можливості відновлювати як зовнішні, так і внутрішні поверхні (рис. 1.3). Однак якість наплавлення невисока, відновлювана поверхня нерідко виходить із порами й неоднорідною твердістю.



- 1 - касета для дроту; 2 - ролики, що подають дріт; 3 - хитний мундштук;
 4 - система подачі розчину; 5 - наплавлений шар;
 6 - відновлювана деталь; 7 - ємність; 8 - індуктивний опір

Рисунок 1.3 - Схема вібродугового наплавлення

Вібродугове наплавлення відрізняється трьома особливостями [7, 8]:

- у ланцюг навантаження джерела живлення включена індуктивність L ;
- напруга джерела живлення недостатня для підтримки безперервного дугового розряду;

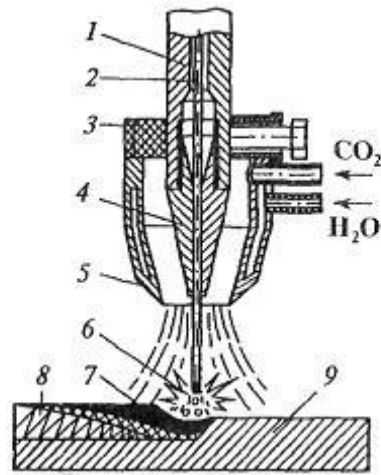
- електродний дріт робить коливання щодо деталі із частотою $50-100$ Гц і амплітудою $1-3$ мм із періодичним торканням поверхні, яка наплавляється.

Цикл наплавлення складається з дугового розряду, короткого замикання й холостого ходу. Введення індуктивності в ланцюг дуги забезпечує нагромадження електричної енергії в індуктивності під час розімкнутого стану ланцюгу, зрушення фаз струму й напруги, тому перехід струму через нуль відбувається при наявності напруги джерела живлення й виникненні електрорушійної сили самоіндукції, яка збігається за напрямком з напругою джерела живлення. Це забезпечує повторне виникнення дугового розряду після розриву зварювального ланцюга й стійке горіння дуги.

Електрод і деталь оплаваються під час дугового розряду, при цьому на кінці електрода утворюється крапля металу. Дрібнокапельний перенос металу на деталь відбувається переважно під час короткого замикання. Тому що тривалість існування дуги становить близько 20% часу циклу, то провар основного металу неглибокий, з невеликою зоною термічного впливу. Вібродугове наплавлення ведуть під флюсом, у різних газових середовищах або у водяних розчинах. Останній випадок найпоширеніший, при цьому в зону наплавлення подають охолодну рідину (3-5% розчин кальцинованої соди або 10-20% розчин гліцерину у воді). Рідина виконує загартування наплавленого шару, якщо застосовується електродний матеріал, що гартується, захищає розплавлений матеріал від проникнення кисню й азоту повітря й прохолоджує деталь, що наплавляється [7].

Наплавлення в середовищі захисних газів електродом, що плавиться, одержала найбільше поширення на ремонтних підприємствах через малу вартість, доступність видаткових матеріалів, можливості відновлення не тільки сталевих і чавунних, але й бронзових і біметалічних деталей. До недоліків слід віднести підвищене розбризкування й значний термічний вплив.

Схема розглянутого процесу наведено на рисунку 1.4. Електродний дріт діаметром 0,8-2,0 мм подається в дугу з постійною швидкістю за допомогою механізму, що подає. Напруга прикладена до електродного дроту й деталі [9].



- 1 - мундштук; 2 - електродний дріт; 3 - пальник; 4 - наконечник;
 5 - сопло пальника; 6 - електрична дуга; 7 - зварювальна ванна;
 8 - покриття; 9 - відновлювана деталь

Рисунок 1.4 - Схема наплавлення в середовищі діоксиду вуглецю:

Лазерне наплавлення - прогресивний, високотехнологічний спосіб. Він характеризується слабким нагріванням деталі, що наплавляється, й високою якістю наплавлення (рис. 1.5). У цей час не знайшло широкого застосування через високу собівартість відновлення деталей, необхідності обслуговування персоналом високої кваліфікації й дотримання вимог по техніці безпеки.

Технологія лазерного наплавлення дозволяє відновлювати зношені деталі автомобільної, дорожньо-будівної техніки і так далі. При цьому відновлювані деталі, наприклад, колінчасті вали великовантажних автомобілів мають ресурс роботи нового колінчастого вала, а вартість відновлення методом лазерного наплавлення деталі становить 30-40% від вартості нового. Технологія лазерного наплавлення дозволяє замінити класичну хіміко-термічну технологію азотування, борирування, цементації, ніроцементації. При цьому різко скорочується тривалість технологічного циклу ремонту, знижується собівартість, поліпшується екологія виробництва [9].



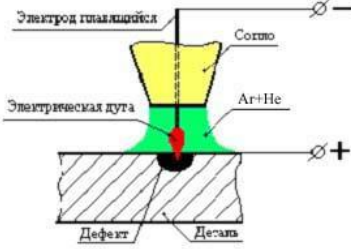
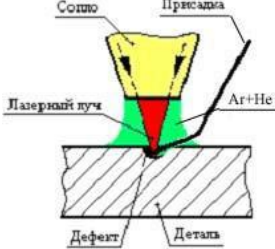
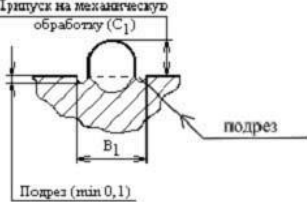



Рисунок 1.5 – Установка для лазерного наплавлення деталей автомобілів

Промінь імпульсного лазера має найбільший коефіцієнт зосередженості зварювального джерела енергії, тому діаметр променя лазера d становить 0,2-0,3 мм, що дозволяє мінімізувати обсяги розплаву й відповідно зменшити вкладення тепла в оброблюваний матеріал.

Використання імпульсного лазерного випромінювання, тривалість якого становить мілісекунди, дозволяє одержувати мінімальні зони термічного впливу, які не перевищують декількох десятків мікронів. Мінімальні обсяги розплаву й мінімальні тепловкладення в деталь дозволяють скоротити поздовжні й поперечні деформації й тим самим зберегти розміри в полі допуску. Точність наведення й локальність дії променя лазера дозволяє підварювати певні геометричні ділянки деталі, забезпечуючи мінімальний припуск на механічну обробку, який становить 0,2-0,5 мм. Тому що при імпульсному лазерному напавленні зони термічного впливу дуже малі, підложка залишається практично холодною, а швидкість охолодження рідкої фази розплаву металу досягає 105 град/с. У цих умовах має місце процес автозакалки, який приводить до формування надзвичайно мілкодисперсної структури з підвищеною зносостійкістю.

Основні переваги лазерного напавлення в порівнянні з електродуговим напавленням штучними електродами наведено в таблиці 1.2 [10].

Таблиця 1.2 - Основні переваги лазерного імпульсного наплавлення

Електродугове наплавлення штучними електродами	Лазерне наплавлення	Переваги лазерного наплавлення
		<p>Виключається застосування підігріву або термообробки, як перед наплавленням, так і після</p>
		<p>Величина припуску на наступну механічну обробку після наплавлення значно менше</p>
		<p>Менше зона термічного впливу Твердість наплавленого шару на рівні твердості основного матеріалу</p>

Технологія імпульсного лазерного наплавлення, володіючи всіма перевагами технології газопорошкового лазерного наплавлення, у теж час, має ряд додаткових технологічних переваг: короткочасність протікання процесу наплавлення, обумовлена тривалістю імпульсу лазерного випромінювання, забезпечує зони термічного впливу, що не перевищують декількох десятків мікрон; зменшення обсягу розплаву рідкої фази, дозволяє робити наплавлення деталей, що мають невеликі геометричні розміри; мінімальні зони термічного впливу й тепловкладення дозволяють зберегти геометричні розміри деталі в полі допуску.

Останнім часом все більше поширення одержують плазмові технології. Плазмою називають високотемпературний сильно іонізований газ, тобто газ, що містить велику кількість заряджених часток. Плазма створюється пропусканням газу через дуговий розряд у вузькому каналі, діаметр якого рівний приблизно діаметру стовпа дуги. Проходячи через струмінь дугового розряду, газ сильно іонізується, утворюючи плазмовий струмінь із високою концентрацією енергії. Плазмовий струмінь одержують у пристрої, який називають плазмовим пальником. У плазмовому пальнику до негативного

полюсу джерела постійного струму підключають вольфрамовий електрод, який не плавиться (катод), а до позитивного - кільцевий, який охолоджується рідиною, полий електрод - сопло (анод), що виготовлюється звичайно з міді чи її сплавів, або струмінь плазмоутворюючого газу пропускається через кільцевий зазор між електродами. Температура плазмового струменя досить висока - 18000 °С та вище. У якості плазмоутворюючих газів застосовують аргон, гелій, азот, водень і інші (найчастіше аргон).

1.2 Плазмове наплавлення як сучасний спосіб відновлення зношених деталей автомобілів

Сутність плазмового наплавлення полягає в тому, що нагрівання присадочного металу й основного здійснюється стислою дугою або газовою плазмою, виділеної або співпадаючої зі стовпом дуги. Механізм утворення напавленого шару такий самий, як і при інших способах дугового наплавлення. З наплавочних матеріалів при плазмовому напавленні використовують дріт, прутки й порошки. Схема плазмового напавлення із вдмухуванням порошку в дугу показано на рисунку 1.6 [9].

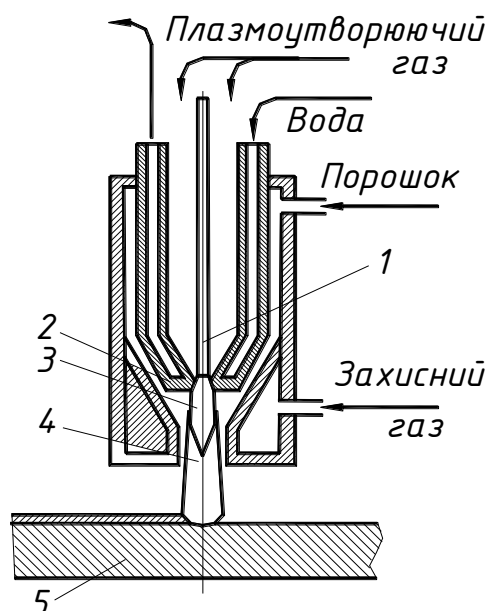


Рисунок 1.6 - Схема плазмового напавлення із вдмухуванням порошку в дугу

Між вольфрамовим електродом 1 і внутрішнім соплом 2 збуджують дугу. Плазмоутворюючий газ, проходячи через неї, створює плазмовий струмінь 3

непрямої дії, яка забезпечує розплавлення присадочного порошку [10]. Інша дуга 4 прямої дії, що горить між електродом 1 і основним металом 5, збігається із плазмовим струменем прямої дії. Остання створює необхідне нагрівання поверхні, забезпечуючи сплавлення порошку й основного металу. Змінюючи значення сили струму стислої дуги прямої дії, можна досягти мінімальної величини проплавлення основного металу. Товщину наплавленого шару можна змінювати в межах 0,3-10 мм із розведенням основним металом від 3 до 30%. При плазмовому наплавленні із присадочним дротом непряма дуга горить між вольфрамовим електродом і соплом, а дуга прямої дії - між вольфрамовим електродом і присадочним дротом. Від цих дуг одержує теплоту й основний метал. Змінюючи силу струму, регулюють частку основного металу й продуктивність наплавлення. Наплавлений виріб у цьому випадку у зварювальній ланцюг не включений.

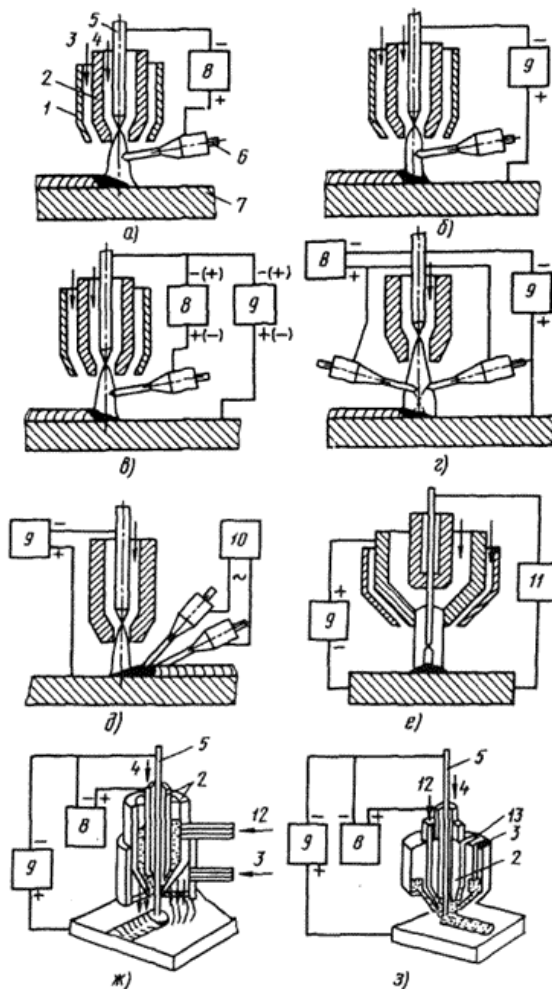
Основні схеми плазмового наплавлення представлено на рисунку 1.7.

Найбільше поширення одержало плазменно-порошкове наплавлення. При плазмовому наплавленні забезпечується висока якість наплавленого металу, мала глибина проплавлення основного металу при високій міцності зчеплення, можливість наплавлення тонких шарів. Залежно від умов експлуатації поверхневих шарів різних виробів вимоги до наплавленого шару різні.

У цей час є велика кількість різних варіантів составів, які забезпечують ті або інші характеристики, необхідні для конкретних умов експлуатації виробу. Як правило, завдання наплавлення - одержання достатньо однорідного за необхідними характеристиками (технічними умовами) шару найбільш економічним й продуктивним методом.

Звичайно наплавляють на конструкційні вуглецеві або низько- і середньолеговані сталі.

При наплавленні мартенситних сталей, аустенітних сталей на низьковуглецеві або низьколеговані можливе утворення прошарків проміжних составів, зон з випаданням твердих і малопластичних інтерметалідів, зон з ослабленими границями зерен у зв'язку із прониканням рідкого металу, який наплавляється, малорозчинного в основному металі (при наплавленні мідних сплавів на ряд сталей).



- а) плазмовим струменем зі трумоведучим присадочним дротом;
 б) плазмовою дугою з нейтральним присадочним дротом;
 в) комбінований (подвійний) дугою одним дротом; г) те ж, із двома дротами;
 д) гарячими дротами; е) електродом, що плавиться; ж) із внутрішньою подачею порошку в дугу; з) із зовнішньою подачею порошку в дугу; 1 - захисне сопло;
 2 - сопло плазмотрона; 3 - захисний газ; 4 - плазмоутворюючий газ;
 5 - електрод; 6 - присадочний дріт; 7- виріб; 8 - джерело живлення непрямої дуги; 9 - джерело живлення дуги прямої дії; 10 - трансформатор;
 11 - джерело живлення дуги електрода, що плавиться; 12 - порошок;
 13 - порошок твердого сплаву

Рисунок 1.7 - Схеми плазмового наплавлення

При наявності таких прошарків можливі руйнування (утворення тріщин, відшаровування шару від основного металу) ще при виготовленні виробу. У результаті часто доводиться відмовлятися від виконання наплавлення одним

складом матеріалу (що забезпечує необхідні властивості поверхні), і застосовувати ускладнену технологію - попередньо наплавляти підшар, тобто проміжний шар з іншого наплавочного матеріалу, який може забезпечити надійні властивості в зоні сплавки з основним матеріалом деталі, а потім той матеріал, який потрібно на поверхні наплавленої деталі за умовами її надійної експлуатації.

Іноді необхідність підшару може викликатися й іншими причинами. Наприклад, при експлуатації наплавленої деталі в умовах частих змін телового навантаження у результаті різних значень коефіцієнтів лінійного розширення основного металу й металу першого шару в зоні сплавлення виникають іноді дуже великі термічні напруги, що викликаються після впливу певного числа циклів руйнування в результаті термічної втоми. З метою зменшення локалізації напруг доцільно попередньо на основний метал наплавляти підшар із проміжним значенням коефіцієнта лінійного розширення.

Із захисних газів при плазмовому наплавленні застосовують: аргон, азот, вуглекислий газ, суміші аргону з гелієм або азотом і інші. Вибір захисного газу пов'язаний зі ступенем його впливу на основний метал, та той, щонаплавляється. У якості плазмоутворюючого можуть застосовуватися аргон, гелій, вуглекислий газ, повітря й інші. Для забезпечення стабільного протікання процесу наплавлення необхідно застосовувати електроди з такого матеріалу, який здатен без руйнування витримувати нагрівання до високих температур. Таким вимогам найкраще відповідають електроди із чистого вольфраму. Переваги цього виду наплавлення - мала глибина проплавлення основного металу, можливість наплавлення тонких шарів, висока якість і гладкість поверхні наплавленого металу.

Номенклатура відновлюваних деталей різноманітна: гусеничні пальці, осі балансирів, шкворні, деталі гідронасосів, вали, хрестовини й інші деталі. Незначна глибина плавлення основного металу (до 0,5 мм), його низький вміст у наплавленому шарі (до 5%) дозволяють зберегти практично без зміни вихідні властивості матеріалу, що наплавляється. Залежно від вимог, пропонованих до поверхні відновлюваних деталей, наплавлення може проводитися порошковими

високолегованими сплавами на основі заліза, сплавами або порошками на основі хрому, бору, нікелю й міді.

Порошкові сплави на основі заліза, залежно від марки, забезпечують твердість наплавленого шару в межах HRCe 44-62 і надають поверхні високу зносостійкість при роботі у звичайному або абразивному середовищі. Самофлюсуючі сплави, залежно від марки, забезпечують твердість наплавленого шару в межах HRCe 29-60 і надають наплавленому шару корозійну стійкість і зносостійкість.

За викидом шкідливих речовин в атмосферу технологія плазмового наплавлення близька до технології аргонодугового зварювання. Рівень шуму не перевищує 35-60 Дб, шум виникає головним чином через роботу джерела зварювального струму. Базовим устаткуванням для плазмового наплавлення є токарний верстат і зварювальний випрямляч, які, як правило, вже є на підприємствах. Для відновлення різних деталей розроблені різні типи плазматронів, що відрізняються надійністю, довговічністю й простотою обслуговування. Комбінації з різних порошків або порошку й дроту дозволяють широко змінювати експлуатаційні властивості наплавлених шарів. Плазмове наплавлення дозволяє наносити шари товщиною від 0,3 до 5 мм, що дає можливість відновлювати деталі з великим зношенням.

Технологія плазмового наплавлення дозволяє підвищити втомну міцність гранично зношених деталей автомобілів з 60 до 83-92% від міцності нових, зносостійкість наплавлених шарів не нижче нових [9-11].

У якості присадочних матеріалів при плазмовому наплавленні застосовують дріт, прутки й металеві порошки. Присадочні порошки можуть вдуватися в дугу, подаватися окремо або заздалегідь наноситися на наплавляему поверхню.

До недоліків слід віднести відносно високу вартість устаткування, потребу в плазмоутворюючому газі, низьку продуктивність і великий термічний вплив на деталь. Перевагами плазмового наплавлення є гарне зчеплення наплавленого шару з основним металом, малі припуски на наступну обробку, гарну якість наплавленого шару.

1.3 Склад і структура наплавлених зносостійких покриттів

Хімічний і структурний склад покриттів залежить від їхнього функціонального призначення [8]. Для формування шару із заданими параметрами обирають матеріал металевго катода й суміш реакційних газів (азот, метан, кисень) з аргоном, що стабілізують газовий розряд. Нітриди, карбіди й бориди металів TiN, TiC, CrN, TiBN, TiSiN, MoC характеризуються високою твердістю, корозійною стійкістю, жароміцністю, а за структурним складом можуть мати наноструктурну будову плівки. Такі тверді покриття щодо великої товщини можуть мати високі внутрішні напруження, що призводять до відшаровування плівки й появи тріщин. Тому використовуються багатошарові покриття. У багатошарових покриттях шари нітридів, карбідів або металів чергуються. Це регулюється зміною виду реакційного газу або його відключенням для одержання металевго про шарку. Двошарові градієнтні покриття одержують плавною або дискретною зміною потоку реакційного газу під час процесу обробки. Тому можливий відносно плавний перехід від чисто металевго шару до більш твердого шару нітриду металу й назад.

Зношування деталей і вузлів різних механізмів значно залежить від властивостей тонкого поверхневого шару. Втомна міцність робочого шару залежить від наступних властивостей: твердості, зносостійкості, коефіцієнту тертя й противозадирних властивостей. З одного боку, покриття повинне мати твердість для підвищення зносостійкості, з іншого боку, повинне бути м'яким для зниження коефіцієнта тертя. Такі властивості мають двошарові покриття: внутрішній - зносостійкий шар (нітрид, карбід або борид металу), зовнішній - антифрикційний шар з м'яких металів (Sn, Pb), шаруватого з'єднання (MoS₂, WS₂, MoSe₂), графіту або гексагонального нітриду бору. Зовнішнє м'яке твердосмазочне покриття, в основному, необхідне на початковому етапі приробки, тому що через великі локальні навантаження можливе виникнення тріщин і часткове руйнування основного зносостійкого покриття. Після приробляння деталі на поверхні залишається тонкий м'який шар товщиною менше 0,5 мкм. Більш товстий м'який шар не стирається на периферії контакту. Двошарове покриття, що складається із твердого й антифрикційного шарів, можуть мати наступний склад TiAlN/MoS₂, Mo₂N/MoS₂, TiC/C, WC/C.

Алюмінієво-олов'яні AlSn і алюмінієво-свинцеві сплави AlPb теж можуть застосовуватися для одержання твердозмазочних плівок [11]. Тверде тугоплавке з'єднання AlN у м'якій матриці олова або свинцю утворюється при розпиленні AlSn катода в середовищі азоту з аргоном. Олово й свинець не утворюють нітридів у процесі осадження плівки. Зовнішній м'який шар металів виходить при відключенні реакційного газу наприкінці процесу іонно-плазмового напилювання. При цьому олово й свинець не утворюють нітридних з'єднань. Залежно від відносного вмісту металів у сплаві можна одержати включенням м'якої складової у твердій матриці нітриду або навпаки - тверді включення в м'якій матриці.

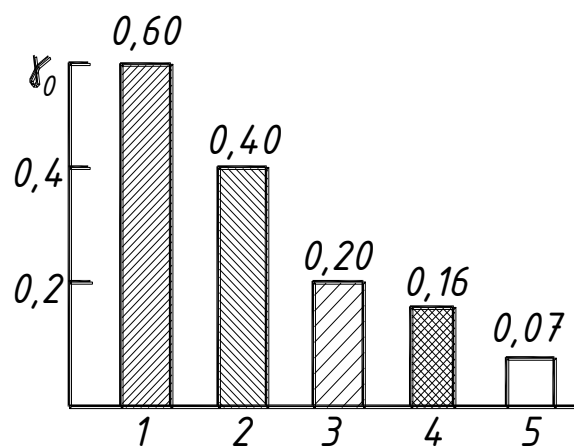
При багатошаровому наплавленні склад кожного шару різний, тому що різна частка участі основного металу (на який наплавляють) в наплавленому шарі. Якщо при наплавленні першого шару основний метал безпосередньо бере участь у формуванні шва, то при наплавленні другого й наступних шарів він бере участь побічно, визначаючи склад попередніх шарів. При наплавленні великої кількості шарів при деяких умовах наплавлення склад металу поверхневого шару може бути ідентичний додатковому металу, що наплавляється.

Частка участі основного металу у формуванні наплавленого металу залежить як від прийнятого способу, так і від режиму наплавлення. При плазмовому наплавленні зі струмоведучим присадочним дротом тепловкладення переважно здійснюють у присадочний дріт, основний метал підігрівається потоками плазми дуги й теплою перегрітого рідкого металу, що наплавляється. Проплавлення основного металу в цьому випадку може бути помітно зменшене. Розосередження тепловкладання в основний метал, наприклад при стрічковому електроді, коли дуга переміщається по торцю стрічки від одного кінця до іншого й іноді виникає одночасно в декількох місцях, може помітно знизити частку основного металу, що розплавляється.

Зіставлення часток участі основного металу в першому шарі γ_0 стосовно до наплавлення хромонікелевої сталі на низьковуглецеву різними способами наплавлення на звичайних режимах наведено у вигляді діаграми на рисунку 1.8.

Природньо, що γ_0 залежить також від властивостей основного й наплавляемого металів, зокрема від їхньої температури плавлення. Таким

чином, у різних випадках при наплавленні необхідно комплексно вирішувати низку складних питань: вибір матеріалу, що забезпечує відповідні до умов експлуатації властивості; можливість наплавлення цього матеріалу безпосередньо на основний метал деталі або підбір матеріалу для наплавлення підшару; вибір способу й режиму наплавлення, форми й методів виготовлення наплавочних матеріалів; вибір термічного режиму для виконання наплавлення; інтенсифікації охолодження деталі (коли небажане тривале перебування при високих температурах); встановлення необхідності наступної термічної (загальної або місцевої) обробки (для одержання необхідних експлуатаційних характеристик або можливості проміжної механічної обробки).



- 1 - автоматична під флюсом; 2 - ручна дугова покритими електродами;
 3 - автоматична під флюсом з додатковим присадочним дротом;
 4 - автоматична під флюсом стрічковим електродом;
 5 - плазмовим струменем зі струмоведучим дротом

Рисунок 1.8 - Частка участі основного металу в першому шарі наплавлення, виконаному різними способами на звичайних режимах

При можливості одержання бажаних результатів шляхом використання декількох способів наплавлення (якщо необхідно й наступної механічної обробки) важливі й техніко-економічні показники способів.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічні умови на контроль-сортування кришки кожуха напіввісі та шкворня поворотного кулака автомобілів МАЗ

Відновлення кришки кожуха напіввісі автомобіля МАЗ-5335 та шкворня поворотного кулака МАЗ-5335 вимагає організації спеціальних ділянок, оснащених необхідним устаткуванням і інструментом. Перед відправленням деталі в ремонт необхідно провести операцію контролю й сортування. Після цієї операції деталі можна розділити на 3 групи: непридатні, придатні, підлягаючі відновленню. Розглянемо основні дефекти кришки кожуха напіввісі та шкворня поворотного кулака автомобілів МАЗ, які виникають при їхній експлуатації.

До найбільш розповсюджених дефектів кришки кожуха напіввісі відносяться: тріщини різної природи виникнення, пошкодження кріпильних отворів $\varnothing 11$ мм, знос та пошкодження внутрішніх поверхонь під ущільнення $\varnothing 75_{+0,1}^{+0,3}$ мм та $\varnothing 80_0^{+0,06}$ мм.

До найбільш розповсюджених дефектів шкворня поворотного кулака відносяться: тріщини, знос та пошкодження зовнішніх поверхонь $\varnothing 39_{-0,008}^{+0,008}$ мм та $\varnothing 50_{-0,027}^{-0,010}$ мм, пошкодження прорізей Е та Б, зношування або пошкодження різьблення М39х2-6h.

Ремонт вищезначених деталей здійснюється різними методами відновлення: зварюванням, плазмовим наплавленням, механічною обробкою відновлюємих поверхонь і так далі. Технічні умови на контроль, сортування й відновлення кришки кожуха напіввісі та шкворня поворотного кулака надані у вигляді таблиць 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Технічні умови на контроль, сортування й відновлення кришки кожуха напіввісі

Позначення по ескізу	Найменування дефектів	Спосіб установлення дефекту й вимірювальні інструменти	Розміри, мм			висновок
			номінальний	припустимий	припустимий для ремонту	
1.	Тріщини на необроблених поверхнях, не захоплюючі отвори під ущільнення та кріпильні отвори	Огляд	-	-	-	Зварювання, зачищення
2.	Пошкодження кріпильних отворів Ø11 мм	Огляд	-	-	-	Зварювання, свердління нових отворів
3.	Знос та пошкодження внутрішньої поверхні під ущільнення Ø75 ^{+0,3} _{+0,1} мм	Огляд. Нутромір	75 ^{+0,3} _{+0,1}	75,5	Більше 75,5	Напилення з наступною механічною обробкою
4.	Знос та пошкодження внутрішньої поверхні під ущільнення Ø80 ^{+0,06} ₀ мм	Огляд. Нутромір	80 ^{+0,06} ₀	80,5	Більше 80,5	Напилення з наступною механічною обробкою

Таблиця 2.2 – Технічні умови на контроль, сортування й відновлення шкворня поворотного кулака

Позначення по ескізу	Найменування дефектів	Спосіб установлення дефекту й вимірювальні інструменти	Розміри, мм			висновок
			номінальний	припустимий	припустимий для ремонту	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Тріщини на поверхнях	Огляд	-	-	-	Бракувати
2.	Пошкодження прорізей Е та Б	Огляд. Шаблон	-	-	-	Зварювання, фрезерування

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7
3.	Знос та пошкодження зовнішньої поверхні $\varnothing 39^{+0,008}_{-0,008}$ мм	Огляд. Мікрометр	$39^{+0,008}_{-0,008}$	38,8	Менше 38,8	Наплавле-ння з наступною механічною обробкою
4.	Знос та пошкодження зовнішньої поверхні $\varnothing 50^{-0,010}_{-0,027}$ мм	Огляд. Мікрометр	$50^{-0,010}_{-0,027}$	48,8	Менше 48,8	Наплавле-ння з наступною механічною обробкою
5.	Зношування або пошкодження різьблення М39х2-6h	Огляд. Калібр-скоба різьбова	-	Зрив не більше 2-х витків	Зрив більше 2-х витків	Наплавле-ння, точіння, нарізування різьблення

2.2 Розробка технологічних маршрутів та вибір оснащення операцій відновлення кришки кожуха напіввісі та шкворня поворотного кулака

Технологічний маршрут відновлення основних дефектів кришки кожуха напіввісі складається з наступних операцій:

005 Газодинамічне напилення.

Напилити зношену поверхню під ущільнення $\varnothing 75,5$ мм до $\varnothing 73$ мм на довжині 30 мм.

010 Газодинамічне напилення.

Напилити зношену поверхню під ущільнення $\varnothing 80,5$ мм до $\varnothing 78$ мм на довжині 12 мм.

015 Наплавлення.

Заварити пошкоджені кріпильні отвори $\varnothing 11$ мм до рівня основного металу.

020 Токарна.

Розточити напилений отвір $\varnothing 73$ мм до $\varnothing 74,9$ мм, залишивши припуск під шліфування, точити фаску $1,5 \times 30^0$.

025 Токарна

Розточити напилений отвір $\varnothing 78$ мм до $\varnothing 79,8$ мм, залишивши припуск під шліфування, точити фаску 1×45^0 .

030 Шліфувальна.

Шліфувати отвір $\varnothing 74,9$ мм в $\varnothing 75^{+0,3}_{+0,1}$, забезпечивши $Ra=2,5$ мкм.

035 Шліфувальна.

Шліфувати отвір $\varnothing 79,8$ мм в $\varnothing 80^{+0,06}_0$, забезпечивши $Ra=2,5$ мкм.

040 Токарна.

Точити торцеві поверхні $\varnothing 165$ мм та $\varnothing 120$ мм у відповідності до креслення, забезпечивши розмір $\varnothing 10^0_{-0,2}$ мм та $Ra=12,5$ мкм.

045 Свердлильна.

Свердлити 6 кріпильних отворів на прохід у номінальний діаметр $\varnothing 11$ мм.

050 Контрольна.

Перевірити зовнішнім оглядом повноту зроблених операцій, відсутність заусенців і гострих кромek. Контролювати виконавчі розміри і якість відновлених поверхонь.

Технологічний маршрут і оснащення операцій відновлення основних дефектів кришки кожуха напіввісі зведено в таблицю 2.3.

Технологічний маршрут відновлення основних дефектів шкворня поворотного кулака складається з наступних операцій:

005 Наплавлення.

Наплавити пошкоджену прорізь Б, пошкоджену різьбову поверхню М39х2-6h, зовнішню зношену поверхню $\varnothing 38,8$ мм до $\varnothing 41$ мм на довжині 90 мм.

010 Наплавлення.

Заварити пошкоджену прорізь Е до рівня основного металу, зовнішню зношену поверхню $\varnothing 48,8$ мм до $\varnothing 52$ мм на довжині 78 мм.

015 Токарна.

Точити поверхню $\varnothing 52$ мм на довжині 78 мм в $\varnothing 50,25$ мм, залишивши припуск під шліфування.

020 Токарна.

Точити поверхню $\varnothing 41$ мм на довжині 90 мм в $\varnothing 39,25$ мм, фаску $4 \times 45^\circ$, радіус $R=2,5$ мм згідно креслення.

025 Токарна.

Точити проточку $\varnothing 36$ мм шириною 4 мм згідно креслення.

030 Фрезерна.

Фрезерувати прорізь Е згідно креслення.

035 Фрезерна.

Фрезерувати прорізь Б згідно креслення.

040 Шліфувальна.

Шліфувати $\varnothing 50,25$ мм в $\varnothing 50_{-0,027}^{+0,010}$, забезпечивши $Ra=1,25$ мкм.

045 Шліфувальна.

Шліфувати $\varnothing 59,25$ мм в $\varnothing 39_{-0,008}^{+0,008}$, забезпечивши $Ra=1,25$ мкм.

050 Різьбонарізна.

Нарізати різьблення М39х2-6h на довжині 30 мм згідно креслення.

055 Контрольна.

Перевірити зовнішнім оглядом повноту зроблених операцій, відсутність заусенців і гострих кромки. Контролювати виконавчі розміри і якість відновлених поверхонь.

Технологічний маршрут і оснащення операцій відновлення основних дефектів шкворня поворотного кулака зведено в таблицю 2.4.

Таблиця 2.3 – Технологічний маршрут і оснащення операцій відновлення кришки кожуха напіввісі

Найменування операції	Устаткування	Технологічна оснащення
1	2	3
005 Газодинамічне напилення. Напилити зношену поверхню під ущільнення $\varnothing 75,5$ мм до $\varnothing 73$ мм на довжині 30 мм.	Установка газодинамічного напилювання Дімет-412 ГОСТ 28302-89	Пристосування спеціальне для зажиму кришки, порошок С-01-11
010 Газодинамічне напилення. Напилити зношену поверхню під ущільнення $\varnothing 80,5$ мм до $\varnothing 78$ мм на довжині 12 мм.	Установка газодинамічного напилювання Дімет-412 ГОСТ 28302-89	Пристосування спеціальне для зажиму кришки, порошок С-01-11

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
015 Наплавлення. Заварити пошкоджені кріпильні отвори Ø11 мм до рівня основного металу.	Установка плазмового наплавлення УПУ-3Д із джерелом живлення ПН-160/600	Пристосування спеціальне для фіксації кришки, порошок ПН55Т45 ТУ14-11-3282, штангенциркуль ШЦ -1-125-0,1 ГОСТ 166-89
020 Токарна. Розточити напилений отвір Ø73 мм до Ø74,9 мм, залишивши припуск під шліфування, точити фаску 1,5x30°.	Верстат координатно-розточувальний 2Е450АФ1-1	Пристосування для закріплення кришки, різець розточний ВК6 ГОСТ 9795-79, нутромір НІ50-100 ГОСТ868-82, штанген-циркуль ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-80, зразки шорсткості ГОСТ 9378-75
025 Токарна Розточити напилений отвір Ø78 мм до Ø79,8 мм, залишивши припуск під шліфування, точити фаску 1x45°.	Верстат координатно-розточувальний 2Е450АФ1-1	Пристосування для закріплення кришки, різець розточувальний ВК-6 ГОСТ9795-79, нутромір НІ50-100 ГОСТ868-82, штанген-циркуль ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-80, зразки шорсткості ГОСТ 9378-75
030 Шліфувальна. Шліфувати отвір Ø74,9 мм в Ø75 ^{+0,3} _{+0,1} , забезпечивши Ra=2,5 мкм.	Круглошліфувальний верстат 3К227В	Патрон трикулачковий ГОСТ 2571-72, коло шліфувальне 1-450x63x203 14А25НС16К1 35м/с 1кл. А ГОСТ 2424-75, нутромір НІ50-100 ГОСТ868-82, зразок шорсткості ГОСТ 9378-75
035 Шліфувальна. Шліфувати отвір Ø79,8 мм в Ø80 ^{+0,06} ₀ , забезпечивши Ra=2,5 мкм.	Круглошліфувальний верстат 3К227В	Патрон трикулачковий ГОСТ 2571-72, коло шліфувальне 1-450x63x203 14А25НС16К1 35м/с 1кл. А ГОСТ 2424-75, нутромір НІ50-100 ГОСТ868-82, зразок шорсткості ГОСТ 9378-75
040 Токарна. Точити торцеві поверхні Ø165 мм та Ø120 мм у відповідності до креслення, забезпечивши розмір Ø10 ⁰ _{-0,2} мм та Ra=12,5 мкм.	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Патрон трикулачковий ГОСТ 2571-72, різець прохідний ВК6 ГОСТ9795-79, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-80

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
045 Свердлильна. Свердлити 6 кріпильних отворів на прохід у номінальний діаметр Ø11 мм.	Верстат вертикально-свердлильний 2А125	Пристосування для закріплення кришки, патрон І-3-Ц ГОСТ 8522-77, втулка, свердло Ø11 мм ГОСТ 6647-77, пробка Ø11Н7 ПР/НЕ
050 Контрольна. Перевірити зовнішнім оглядом повноту зроблених операцій, відсутність заусенців і гострих кромок. Контролювати виконавчі розміри і якість відновлених поверхонь.	Стіл ВТК	Штангенциркуль ШЦ -1-125-0,1 ГОСТ 166-89, нутромір НІ50-100 ГОСТ868-82, зразки шорсткості ГОСТ 9378-75, пробка Ø11Н7 ПР/НЕ

Таблиця 2.4 – Технологічний маршрут і оснащення операцій відновлення шкворня поворотного кулака

Найменування операції	Устаткування	Технологічна оснащення
1	2	3
005 Наплавлення. Наплавити пошкоджену прорізь Б, пошкоджену різьбову поверхню М39х2-6h, зовнішню зношену поверхню Ø38,8 мм до Ø41 мм на довжині 90 мм.	Установка плазмового наплавлення УПУ-3Д із джерелом живлення ПН-160/600	Центра упорні 630.6707.П740-01, порошок ПН55Т45 ТУ14-11-3282, штангенциркуль ШЦ -1-125-0,1 ГОСТ 166-89
010 Наплавлення. Заварити пошкоджену прорізь Е до рівня основного металу, зовнішню зношену поверхню Ø48,8 мм до Ø52 мм на довжині 78 мм.	Установка плазмового наплавлення УПУ-3Д із джерелом живлення ПН-160/600	Центра упорні 630.6707.П740-01, порошок ПН55Т45 ТУ14-11-3282, штангенциркуль ШЦ -1-125-0,1 ГОСТ 166-89
015 Токарна. Точити поверхню Ø52 мм на довжині 78 мм в Ø50,2 мм, залишивши припуск під шліфування.	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Патрон трикулачковий ГОСТ 2571-72, центр упорний 630.6707.П740-01, різець прохідний Т15К6 ГОСТ 9795-79, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-80

Продовження таблиці 2.4

1	2	3
<p>020 Токарна. Точити поверхню $\varnothing 41$ мм на довжині 90 мм в $\varnothing 39,2$ мм, фаску 4×45^0, радіус $R=2,5$ мм згідно креслення.</p>	<p>Токарно-гвинторізний верстат 16К20</p>	<p>Патрон трикулачковий ГОСТ 2571-72, центр упорний 630.6707.П740-01, різець прохідний Т15К6 ГОСТ 9795-79, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-80</p>
<p>025 Токарна. Точити проточку $\varnothing 36$ мм шириною 4 мм згідно креслення.</p>	<p>Токарно-гвинторізний верстат 16К20</p>	<p>Патрон трикулачковий ГОСТ 2571-72, центр упорний 630.6707.П740-01, різець прорізний Т15К6 ГОСТ 28978-91, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-80</p>
<p>030 Фрезерна. Фрезерувати проріз Е згідно креслення.</p>	<p>Верстат горизонтально-фрезерний 6Т83Г</p>	<p>Пристосування спеці-альне для закріплення шкворня, фреза дискова Т15К6 ГОСТ 14952-75, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-80</p>
<p>035 Фрезерна. Фрезерувати проріз Б згідно креслення.</p>	<p>Верстат горизонтально-фрезерний 6Т83Г</p>	<p>Пристосування спеці-альне для закріплення шкворня, фреза дискова Т15К6 ГОСТ 14952-75, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-80</p>
<p>040 Шліфувальна. Шліфувати $\varnothing 50,2$ мм в $\varnothing 50_{-0,027}^{-0,010}$, забезпечивши $Ra=1,25$ мкм.</p>	<p>Круглошліфувальний верстат 3А164</p>	<p>Патрон трикулачковий ГОСТ 2571-72, центр упорний 630.6707.П740-01, коло шліфувальне 1-450х63х203 14А25НС16К1 35м/с 1кл. А ГОСТ 2424-75, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-80, зразки шорсткості ГОСТ 9378-75</p>
<p>045 Шліфувальна. Шліфувати $\varnothing 39,2$ мм в $\varnothing 39_{-0,008}^{+0,008}$, забезпечивши $Ra=1,25$ мкм.</p>	<p>Круглошліфувальний верстат 3А164</p>	<p>Патрон трикулачковий ГОСТ 2571-72, центр упорний 630.6707.П740-01, коло шліфувальне 1-450х63х203 14А25НС16К1 35м/с 1кл. А ГОСТ 2424-75, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1-1 ГОСТ 166-80, зразки шорсткості ГОСТ 9378-75</p>

Продовження таблиці 2.4

1	2	3
050 Різьбонарізна. Нарізати різьблення М39х2-6h на довжині 30 мм згідно креслення.	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Патрон трикулачковий ГОСТ 2571-72, центр упорний 630.6707.П740-01, різець для нарізання різьблення Т15К6 ГОСТ 9795-79, різьбовий калібр М39х2-6h
055 Контрольна. Перевірити зовнішнім оглядом повноту зроблених операцій, відсутність заусенців і гострих кромок. Контролювати виконавчі розміри і якість відновлених поверхонь.	Стіл ВТК	Штангенциркуль ШЦ -1-125-0,1 ГОСТ 166-89, зразки шорсткості ГОСТ 9378-75, різьбовий калібр М39х2-6h

2.3 Розрахунок режимів різання й нормування операцій відновлення кришки кожуха напіввісі та шкворня поворотного кулака

2.3.1 Розрахунок режимів газодинамічного напилювання зношеної поверхні кришки кожуха напіввісі під ущільнення $\varnothing 75,5$ мм до $\varnothing 73$ мм на довжині 30 мм. Операція 005

Газодинамічне напилювання здійснюється за допомогою установки Димет-412 ГОСТ 28302-89.

Режими обробки:

Тиск повітря - 0,6 МПа.

Витрата стисненого повітря 0,4 м³/хв.

Дистанція - 80-100 мм.

Розмір часток робочого порошку 40 мкм.

Марка робочого порошку С-01-11, призначеного для заповнення каверн, тріщин і інших дефектів у деталях.

Напруга мережі 220 В.

Споживана потужність при напилюванні 3,6 кВт.

Продуктивність покриття $P_v = 3$ см³/хв.

Наносити покриття до напилення внутрішнього діаметру до $\varnothing 73$ мм на довжині 30 мм.

Поздовжня подача $S=50$ мм/хв.

Товщина шару, нанесеного за один прохід $t=1,25$ мм.

Необхідний обсяг нанесеного матеріалу, см^3 визначимо за формулою [12]

$$V_m = \frac{L \cdot b \cdot h \cdot k_{\text{зап}}}{1000}, \quad (2.1)$$

де L – довжина поверхні, мм;

b – довжина кола поверхні, мм;

h – глибина напилюваного слою, мм;

$k_{\text{зап}}$ – коефіцієнт запасу матеріалу.

При довжині поверхні 30 мм, довжина кола поверхні 237 мм, глибині напилюваного слою 1,25 мм і коефіцієнті запасу 1,2 необхідний обсяг матеріалу, що наноситься

$$V_i = 10,7 \text{ см}^3.$$

Кількість проходів [13]

$$i = \frac{h}{t}, \quad (2.2)$$

де t – товщина шару металу, що наноситься за один прохід

$$i = \frac{1,25}{1,25} = 1.$$

Основний технологічний час (час нанесення матеріалу) [13], хв

$$T_0 = \frac{V_m}{P_v}. \quad (2.3)$$

$$T_0 = 3,6 \text{ хв.}$$

Допоміжний час $t_d=3,7$ хв; штучно-калькуляційний час $t_{ш.к.} = 7,3$ хв [14].

2.3.2 Розрахунок операції заварки 6 отворів кришки кожуха напіввісі Ø11 мм глибиною 10 мм. Операція 015

Під час виконання операції використовується устаткування й пристосування - установка дугового наплавлення УД-209 із джерелом живлення.

Визначимо коефіцієнт проплавлення, що характеризує форму зварювальної ванни [12]

$$\psi = \frac{b}{h}, \quad (2.4)$$

де b – ширина зварювальної ванни;

h – глибина розплавленого шару.

Приймаємо $b=4$ мм, $h=2,5$ мм. Тоді коефіцієнт проплавлення

$$\psi = \frac{4}{2,5} = 1,6.$$

Такі шари матеріалу мають підвищену стійкість проти тріщин і характеризуються досить плавним переходом від металу шва до основного металу.

Електричні параметри режиму заварювання призначаються для оптимальних значень розглянутих величин. Сила струму [12]

$$I = \frac{h}{K}, \quad (2.5)$$

де K – коефіцієнт пропорційності, зумовлений умовами зварювання. Приймаємо $K=1,3$.

Приймаємо силу струму $I=200$ А.

Напруга визначається по залежності

$$U = 0,05 \frac{I}{d_a} + 20, \quad (2.6)$$

де d_e – діаметр електродного дроту, мм. Приймаємо $d=2,2$ мм.

Тоді

$$U = 0,05 \frac{200}{2,2} + 20 = 24,54 \text{ В.}$$

Кінематичні параметри процесу наплавлення визначають швидкість переміщення зварювальної головки. Ці параметри визначають, виходячи з обов'язкової умови рівності обсягів зварювальної ванни й витрат дроту за одиницю часу [13]

$$V_i = \frac{0,785 \cdot d_a^2 \cdot V_n \cdot \eta}{0,5 \cdot h \cdot b}, \quad (2.7)$$

де V_n – швидкість подачі дроту, м/хв; приймаємо $V_n=1,16$ м/хв;

η – коефіцієнт переносу металу електродного дроту на деталь. При наплавленні під флюсом $\eta=1,0$.

Тоді швидкість наплавлення

$$V_n = \frac{0,785 \cdot 2,2^2 \cdot 1,16}{0,5 \cdot 2,5 \cdot 4} \cdot 1 = 0,88 \text{ м/хв.}$$

Згідно [14] основний (машинний) час при заварюванні одного отвору, хв визначаємо за формулою

$$t_0 = \frac{l}{1000 \cdot V_n}, \quad (2.8)$$

де l – довжина наплавляємого дроту для одного отвору $l=50$ мм.

$$t_0 = \frac{50}{0,88 \cdot 1000} = 0,06 \text{ хв.}$$

При заварюванні 6 отворів $T_0=0,36$ хв.

Допоміжний час на зняття й установку деталі згідно [14] $t_{ДУ}=4$ хв.

Допоміжний час, пов'язаний з переходом згідно [14] $t_{ДП}=3$ хв.

Час обслуговування робочого місця згідно [14] $t_{орм}=0,5$ хв.

Підготовчо – заключний час згідно [14] $T_{пз}=8$ хв.

Кількість деталей у партії приймаємо $Z=20$ од.

Визначаємо штучно-калькуляційний час $t_{ш.к.}$ за формулою

$$t_{ш.к.} = t_0 + t_{В.У.} + t_{орм} + \frac{T_{п.з.}}{Z}; \quad (2.9)$$

$$t_{ш.к.} = 0,36 + 3 + 4 + 0,5 + \frac{8}{20} = 8,26 \text{ хв.}$$

2.3.3 Розрахунок операції розточення напиленого отвору кришки кожуха напіввісі з $\varnothing 73$ мм до $\varnothing 74,9$ мм. Операція 020

Обробка отворів здійснюється до $\varnothing 74,9$ мм.

До обробки діаметр отворів становив 73 мм.

Таким чином, припуск на обробку становить 0,95 мм на на один бік.

Згідно [13] приймаємо $t=0,95$ мм, подачу $S=0,05$ мм/об.

Швидкість різання визначаємо за формулою, м/хв

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (2.10)$$

де T – середнє значення стійкості при одноінструментальній обробці, хв.
Згідно [13] приймаємо $T=60$ хв.

C_V – коефіцієнт, значення якого приймаємо згідно [13] $C_V=420$.

x_v, y_v, m – показники ступеня. Приймаємо $x_v=0,15, y_v=0,20, m=0,20$.

K_V – коефіцієнт, що визначається перемноженням коефіцієнтів згідно [12]

$$K_V=K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{rv} \cdot K_{nv}, \quad (2.11)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу деталі. Згідно [12]

$$K_{mv}=K_{\Gamma} \left[\frac{HB}{180} \right]^{nv}, \quad (2.12)$$

де K_{Γ} – коефіцієнт, що згідно [13] приймаємо $K_{\Gamma}=1$.

n - показник ступеня. З огляду на [13] приймаємо $n=1$.

HB - твердість матеріалу, МПа. Приймаємо HB =170 МПа [13].

$$K_{mv}=1 \cdot \left[\frac{170}{180} \right]^1 =0,95.$$

Коефіцієнт, який враховує дію інструмента на швидкість різання.
Приймаємо $K_{uv}=1,05$ [13].

Коефіцієнти, котрі визначають дію параметрів різця на швидкість різання.
Згідно [13] приймаємо $K_{\phi v}=1,2; K_{rv}=1,0$.

Коефіцієнт, що враховує матеріал поверхні заготовлі. Згідно [13]
приймаємо $K_{nv}=1,0$.

За формулою (2.36)

$$K_V=0,95 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0=1,197.$$

Тоді швидкість різання, м/хв визначаємо за формулою

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,95^{0,15} \cdot 0,05^{0,2}} \cdot 1,197 = 405,6 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання вала з розточувальним різцем

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.13)$$

де D - діаметр оброблюваного отвору, $D=74,9$ мм.

Частоту обертання вала з розточувальним різцем визначаємо за формулою

$$n = \frac{1000 \cdot 405,6}{3,14 \cdot 74,9} = 1725 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо згідно паспорта верстата координатно-розточувального 2Е450АФ1-1 фактичну частоту обертання вала з розточувальним різцем $n_{\phi}=1800 \text{ хв}^{-1}$. Тоді фактична швидкість різання

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}; \quad (2.14)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 74,9 \cdot 1800}{1000} = 423,3 \text{ м/хв.}$$

Складова сили різання перебуває за формулою, кН

$$P_z = 10 C_p t^x S^y V^n K_p, \quad (2.15)$$

де C_p – постійна для розрахункових умов обробки;

x, y, n – показники ступеня. Постійна для розрахункових умов обробки $C_p=300$, показники ступеня $x=1,0$; $y=0,75$; $n=0,15$;

K_p – поправочний коефіцієнт

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}, \quad (2.16)$$

K_{mp} – коефіцієнт який ураховує вплив оброблюваного матеріалу на силу різання. Згідно [12]

$$K_{mp} = \left[\frac{HB}{180} \right]^n, \quad (2.17)$$

з огляду на $n=0,75$

$$K_{mp} = \left[\frac{170}{180} \right]^{0,75} = 0,96.$$

Поправочні коефіцієнти котрі рахують дію зовнішніх параметрів ріжучої частини інструмента на складову сили різання P_z . З огляду на рекомендації [13] приймаємо $K_{\varphi p}=1,08$; $K_{\gamma p}=1,0$; $K_{\lambda p}=1,0$; $K_{rp}=1,0$.

Тоді поправочний коефіцієнт K_p за формулою

$$K_p = 0,96 \cdot 1,08 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,04.$$

Складова сили різання

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,95^{1,0} \cdot 0,05^{0,75} \cdot 423,3^{0,15} \cdot 1,04 = 808,6 \text{ Н.}$$

Потужність різання, кВт [12] визначається за формулою

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (2.18)$$

тоді

$$N = \frac{808,6 \cdot 423,3}{1020 \cdot 60} = 5,6 \text{ кВт.}$$

Потужність привода координатно-розточувального верстата 2E450AФ1-1 7,2 кВт. Таким чином, обраний верстат підходить для виконання операції. Технічна норма часу, хв [14]

$$t_{Ш.К.} = t_0 + t_{В.У.} + t_{орм} + \frac{T_{П.З.}}{Z}, \quad (2.19)$$

де t_0 – основний (машинний) час, хв.

Згідно [14]

$$t_0 = \frac{l + y}{n \cdot s} \cdot i, \quad (2.20)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні, мм. $l_1 = 30$ мм;

y – величина врізання й виходу інструмента, мм. Згідно [12] $y = 1$ мм;

i – число проходів

$$i = \frac{z}{t}, \quad (2.21)$$

де z – припуск на обробку, $z = 0,95$ мм;

t – глибина різання.

Тоді

$$i_1 = \frac{0,95}{0,95} = 1.$$

Тоді основний час

$$t_0 = \frac{30 + 1}{1800 \cdot 0,05} = 0,34 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на зняття й установку деталі згідно [14] $t_{ДУ}=4$ хв.

Допоміжний час пов'язане з переходом згідно [14] $t_{ДП}=0,8$ хв.

Час обслуговування робочого місця згідно [14] $t_{орм}=0,15$ хв.

Підготовчо-заклучний час згідно [14] $T_{пз}=8$ хв.

Кількість деталей у партії приймаємо $Z=20$ од.

Визначаємо штучно-калькуляційний час $t_{ш.к.}$

$$t_{\phi .\hat{E}} = 0,34 + 4 + 0,8 + 0,15 + \frac{8}{20} = 5,69 \text{ хв.}$$

2.3.4 Розрахунок операції свердління 6 кріпильних отворів кришки кожуха напіввісі на прохід у номінальний діаметр $\text{Ø}11$ мм. Операція 045

Свердління 6 кріпильних отворів здійснюється на вертикально-свердлильному верстаті 2A125.

Визначаємо глибину різання [12]

$$t = 0,5 \cdot (D_2 - D_1) \text{ мм.} \quad (2.22)$$

де D_1 , D_2 – діаметри отвору відповідно до обробки й після обробки, $D_1=0$ мм, $D_2=11$ мм.

$$t = 0,5 \cdot (11 - 0) = 5,5 \text{ мм.}$$

Подачу приймаємо рівною $S = 0,1$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання [12]

$$V = \frac{C_V D^{q_V}}{T^m t^{x_V} S^{y_V}} K_V, \quad (2.23)$$

де C_v - постійна для даних умов різання, $C_v=14,7$;

x_v, y_v, m, q_v - показники ступеня, $x_v=0, y_v=0,55, m=0,2, q_v=0,25$;

K_v - поправочний коефіцієнт, $K_v=1,197$.

T - час стійкості інструмента, $T=120$ хв.

$$V = \frac{14,7 \cdot 11^{0,25}}{120^{0,2} \cdot 5,5^0 \cdot 0,1^{0,55}} \cdot 1,197 = 43,9 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо оберти верстата [12]

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}; \quad (2.24)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 43,9}{3,14 \cdot 11} = 1270 \text{ хв}^{-1}.$$

Визначаємо фактичні оберти верстата (виходячи з його можливостей).

Приймаємо для вертикально-свердлильного верстата 2A125 $n_\phi = 1000 \text{ хв}^{-1}$.

Визначаємо фактичну швидкості різання [12]

$$V_\delta = \frac{\pi \cdot d \cdot n_\delta}{1000}; \quad (2.25)$$

$$V_\delta = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 1000}{1000} = 31,4 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо момент, що діє при свердлінні [12]

$$M = C_m D^{q_m} S^{y_m} K_p, \quad (2.26)$$

де C_m – постійна для даних умов різання, $C_m=0,012$;

q_m, y_m – показники ступеня, $q_m=2,2, y_m=0,8$;

K_p – поправочний коефіцієнт, $K_p=1,04$.

$$M = 0,012 \cdot 11^{2,2} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,04 = 0,39 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Визначаємо осьову силу, що діє при розсвердлюванні [12]

$$p_0 = C_p D^{q_p} S^{y_p} K_y, \quad (2.27)$$

де C_p – постійна для даних умов різання, $C_p=42$;

y_p, q_p – показники ступеня, $y_p=0,75, q_p=1,2$;

K_y – поправочний коефіцієнт, $K_y=1,04$.

$$p_0 = 42 \cdot 11^{1,2} \cdot 0,1^{0,75} \cdot 1,04 = 140 \text{ Н}.$$

Визначаємо потужність різання [12]

$$N = \frac{M \cdot n_\phi}{975}; \quad (2.28)$$

$$N = \frac{0,39 \cdot 1000}{975} = 0,4 \text{ кВт}.$$

Потужність привода вертикально-свердлильного верстата 2А125 3 кВт.

Таким чином, обраний верстат підходить для виконання операції.

Визначаємо норми часу.

Технічна норма часу, хв [14]

$$t_{ш.к.} = t_0 + t_{в.в.} + t_{орм} + \frac{T_{п.з.}}{Z}, \quad (2.29)$$

де t_0 – основний (машинний) час, хв.

Основний час [14]

$$t_0 = \frac{L + L_1}{n \cdot S_\phi}; \quad (2.30)$$

де L, L_1 – глибина отвору й величина врізання.

З огляду на послідовну обробку 6 отворів

$$t_0 = \frac{10}{1000 \cdot 0,1} \cdot 6 = 0,6 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на зняття й установку деталі, згідно [14], $t_{3y}=3,5$ хв.

Допоміжний час пов'язаний з переходом, згідно [14], $t_{дп}=3$ хв.

Час обслуговування робочого місця, згідно [14], $t_{орм}=0,2$ хв.

Підготовчо-заклучний час, згідно [14], $T_{пз}=10$ хв.

Кількість деталей у партії приймаємо $Z=20$ од.

Визначаємо штучно-калькуляційний час $t_{ш.к.}$

$$t_{\phi .\hat{e}.} = 0,6 + 3,5 + 3 + 0,2 + \frac{10}{20} = 7,8 \text{ хв.}$$

2.3.5 Розрахунок операції наплавлення пошкодженої прорізі Б, пошкодженої різьбової поверхні та зовнішньої зношеної поверхні $\varnothing 38,8$ мм до $\varnothing 41$ мм на довжині 90 мм шкворня поворотного кулака. Операція 005

Під час виконання операції використовується встаткування й пристосування - установка плазмового наплавлення УПУ-3Д із джерелом живлення ІПН-160/600.

Визначимо коефіцієнт проплавлення, що характеризує форму зварювальної ванни [12]

$$\psi = \frac{b}{h}, \quad (2.31)$$

де b – ширина зварювальної ванни;

h – глибина розплавленого шару.

Приймаємо $b=4$ мм, $h=2,5$ мм. Тоді коефіцієнт проплавлення

$$\psi = \frac{4}{2,5} = 1,6.$$

Такі шари матеріалу мають підвищену стійкість проти тріщин і характеризуються досить плавним переходом від металу шва до основного металу. Електричні параметри режиму зварювання призначаються для оптимальних значень розглянутих величин. Сила струму [12]

$$I = \frac{h}{K}, \quad (2.32)$$

де K – коефіцієнт пропорційності, зумовлений умовами зварювання.

Приймаємо $K=1,3$.

Приймаємо силу струму $I=200$ А.

Напруга визначається по залежності

$$U = 0,05 \cdot \frac{I}{d_e} + 20, \quad (2.33)$$

де d_e – діаметр електродного дроту, мм. Приймаємо $d=1,6$ мм.

Тоді

$$U = 0,05 \cdot \frac{200}{1,6} + 20 = 26,25 \text{ В.}$$

Кінематичні параметри процесу наплавлення визначають швидкість переміщення зварювальної головки. Ці параметри визначають, виходячи з

обов'язкової умови рівності обсягів зварювальної ванни й витрат дроту за одиницю часу [13]

$$V_i = \frac{0,785 \cdot d_a^2 \cdot V_n}{0,5 \cdot h \cdot b} \cdot \eta, \quad (2.34)$$

де V_n – швидкість подачі дроту, м/хв; приймаємо $V_n=1,16$ м/хв;

η – коефіцієнт переносу металу електродного дроту на деталь. При наплавленні під флюсом $\eta=1,0$.

Тоді швидкість наплавлення

$$V_n = \frac{0,785 \cdot 2,2^2 \cdot 1,16}{0,5 \cdot 2,5 \cdot 4} \cdot 1 = 0,88 \text{ м/хв.}$$

Згідно [14] основний (машинний) час при наплавленні, хв визначаємо за формулою

$$t_0 = \frac{l}{1000 \cdot V_n}, \quad (2.35)$$

де l – довжина наплавляємої поверхні $l=7250$ мм

$$t_0 = \frac{7250}{0,88 \cdot 1000} = 8,2 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на зняття й установку деталі, згідно [14], $t_{3y}=4$ хв.

Допоміжний час, пов'язаний з переходом, згідно [14], $t_{дп}=3$ хв.

Час обслуговування робочого місця, згідно [14], $t_{орм}=0,5$ хв.

Підготовчо-заклучний час, згідно [14], $T_{пз}=8$ хв.

Кількість деталей у партії приймаємо $Z=20$ од.

Визначаємо штучно-калькуляційний час $t_{ш.к.}$ за формулою

$$t_{ш.к.} = t_0 + t_{B.V.} + t_{op.m} + \frac{T_{п.з.}}{Z}; \quad (2.36)$$

$$t_{\emptyset .\hat{e}.} = 8,2 + 3 + 4 + 0,5 + \frac{8}{20} = 16,1 \text{ хв.}$$

2.3.6 Розрахунок операції точіння поверхні шкворня поворотного кулака з Ø52 мм в Ø50,2 мм на довжині 78 мм. Операція 015

Глибина різання становить $t=0,9$ мм.

Згідно [12] приймаємо $S=0,1$ мм/об.

Швидкість різання [13], м/хв визначаємо за формулою

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (2.37)$$

де T - середнє значення стійкості при одноінструментальній обробці, хв.
Згідно [12] приймаємо $T=60$ хв.

C_V – коефіцієнт, значення якого приймаємо згідно [8].
Приймаємо $C_V=350$, $x_v=0,15$, $y_v=0,20$, $m=0,20$.

K_V -коефіцієнт, що визначається перемноженням коефіцієнтів згідно [12]

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{rv} \cdot K_{nv}, \quad (2.38)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготівки. Згідно [7]

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left[\frac{750}{\sigma_B} \right]^{n_v}, \quad (2.39)$$

де K_{Γ} – коефіцієнт, що згідно [12] приймаємо $K_{\Gamma}=1$.

n_v – показник ступеня. З огляду на [12], приймаємо $n=1$.

σ_B – границя міцності при розтяганні, МПа. Приймаємо $\sigma_B = 800$ МПа [12].

Коефіцієнт, що рахує дію матеріалу заготовки, з огляду на, що $K_T=1$

$$K_{mv}=1 \cdot \left[\frac{750}{800} \right]^1 = 0,937.$$

Коефіцієнт, що враховує дію матеріалу інструмента на швидкість різання, приймаємо $K_{uv}=1,05$ [13]. Коефіцієнти, які рахують вплив параметрів різця на швидкість різання, згідно [13], приймаємо $K_{\phi v} = 0,8$; $K_{rv}=1,0$. Коефіцієнт, що враховує матеріал поверхні заготовки, згідно [13], приймаємо $K_{nv}=1,0$.

За формулою (2.38)

$$K_v=0,937 \cdot 1,05 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0=0,78.$$

Тоді швидкість різання, м/хв визначаємо

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,9^{0,15} \cdot 0,1^{0,2}} \cdot 0,78 = 194,8 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання деталі

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.40)$$

де D – діаметр оброблюваної поверхні

$$n = \frac{1000 \cdot 194,8}{3,14 \cdot 50,2} = 1236 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо, відповідно до паспорта верстата 16К20, фактичну частоту обертання $n_{\phi}=1350 \text{ хв}^{-1}$.

Тоді фактична швидкість різання

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}; \quad (2.41)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 50,2 \cdot 1350}{1000} = 212,8 \text{ м/хв.}$$

Складова сили різання знаходиться за формулою

$$P_Z = 10 C_P t^x S^y V^n K_p, \quad (2.42)$$

де C_P – постійна для розрахункових умов обробки. З огляду на [13], $C_P=300$; $x=1,0$; $y=0,75$; $n=0,15$.

K_p – поправочний коефіцієнт

$$K_p = K_{mp} K_{\phi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{r p}, \quad (2.43)$$

де K_{mp} – коефіцієнт який ураховує вплив оброблюваного матеріалу на силу різання. Згідно [12]

$$K_{mp} = \left[\frac{\sigma_{\hat{A}}}{750} \right]^n, \quad (2.44)$$

з огляду на $n=0,75$

$$K_{mp} = \left[\frac{800}{750} \right]^{0,75} = 1,05.$$

Поправочні коефіцієнти, які враховують вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструмента на складову сили різання P_Z , з огляду на рекомендації [13], приймаємо $K_{\text{фр}}=1,08$; $K_{\text{γр}}=1,0$; $K_{\text{λр}}=1,0$; $K_{\text{гр}}=1,0$.

Тоді поправочний коефіцієнт K_p

$$K_p = 1,05 \cdot 1,08 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,134.$$

Складова сили різання

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 0,9^{1,0} \cdot 0,1^{0,75} \cdot 212,8^{0,15} \cdot 1,134 = 1229 \text{ Н.}$$

Потужність різання визначається за формулою [13], кВт

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60}; \quad (2.45)$$

$$N = \frac{1229 \cdot 212,8}{1020 \cdot 60} = 4,3 \text{ кВт.}$$

Потужність привода верстата 16К20 дорівнює 7 кВт. Таким чином, обраний верстат підходить для виконання операції.

Технічна норма часу, хв [14]

$$t_{\text{ш.к.}} = t_0 + t_{\text{Б.У.}} + t_{\text{орм}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{Z}, \quad (2.46)$$

де t_0 – основний (машинний) час, хв.

Згідно [14] основний (машинний) час визначаємо за формулою, хв.

$$t_0 = \frac{l + y}{n \cdot s} \cdot i, \quad (2.47)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні, мм. Довжина оброблюваної поверхні $l=19$ мм; величина врізання й виходу інструмента $y=4$ мм; число проходів $i=1$.

Тоді

$$t_0 = \frac{78 + 2}{1350 \cdot 0,1} \cdot 1 = 0,6 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на зняття й установку деталі, згідно [14], $t_{3y}=2$ хв. Допоміжний час, пов'язаний з переходом, згідно [14], $t_{дп}=0$ хв. Час обслуговування робочого місця, згідно [14], $t_{орм}=0,15$ хв. Підготовчо-заключний час згідно [14] $T_{пз}=8$ хв. Кількість деталей у партії приймаємо $Z=20$ од.

Визначаємо штучно-калькуляційний час $t_{ш.к.}$

$$t_{\phi . \hat{E} .} = 0,6 + 0 + 2 + 0,15 + \frac{8}{20} = 3,15 \text{ хв.}$$

2.3.7 Розрахунок операції фрезерування прорізі Е шкворня поворотного кулака згідно креслення. Операція 030

У даній операції обробка відбувається на горизонтально-фрезерному верстаті моделі 6Т83Г потужність 8,0 кВт.

Глибина різання $t = 1,5$ мм, ширина фрезерування – $B = 10,5$ мм.

Обробка виробляється циліндричною фрезою зі швидкорізальної сталі з великим зубом. Деталь кріпиться в спеціальному пристосуванні. Для фрезерування деталі приймаємо фасонну фрезу з великим зубом, діаметр фрези $D = 70$ мм, число зубів $z = 20$ [13].

При фрезеруванні розрізняють подачу на один зуб s_z , подачу на один оберт s_n фрези й подачу за хвилину s_m , мм/хв, які перебувають за формулою

$$s_m = s_n \cdot n = s_z \cdot z \cdot n ,$$

де n – частота обертання фрези, хв^{-1} ;

z – число зубів фрези.

Подача, що рекомендується, на один зуб $s_z = 0,15$ мм [13].

Швидкість різання v – окружна швидкість фрези, м/хв, визначається за формулою [12]

$$v = \frac{c_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot k_v, \quad (2.48)$$

де c_v – коефіцієнт, що характеризує матеріал деталі й фрези;

D – діаметр фрези по найбільш вилученій від осі обертання точці ріжучої кромки, мм (приймається $D = 70$ мм);

T – стійкість фрези (період роботи інструмента до затуплення), хв, приймається, виходячи з діаметра фрези $T = 180$ хв [13];

s_z – подача на один зуб, мм/зуб (рекомендована подача $s_z = 0,05$ [13]);

B – ширина фрезерування, мм; $B = 10,5$ мм;

Z – число зубів фрези (приймається $z = 20$);

k_v – загальний поправочний коефіцієнт на змінені умови обробки;

q, m, x, y, u, p – показники ступеня, що залежать від умов обробки.

Величини c_v, q, m, x, y, u, p знаходяться по таблиці [13]: $c_v = 49,5$; $q = 0,45$;

$m = 0,33$; $x = 0,3$; $y = 0,4$; $u = 0,1$; $p = 0,1$.

Загальний коректувальний коефіцієнт, який впливає на швидкість різання, що рахує фактичні умови різання k_v , визначається за формулою

$$k_v = k_{iv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv}, \quad (2.49)$$

де k_{iv} – коефіцієнт, який рахує якість матеріалу після обробки;

k_{nv} – коефіцієнт, що враховує дію якості поверхні заготовлі на швидкість різання;

k_{uv} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання (приймається $k_{uv} = 0,9$ по [13]).

Коефіцієнт, що враховує якість матеріалу що обробляють k_{mv} , визначається за формулою

$$k_{mv} = k_2 \cdot \left(\frac{750}{\sigma_6} \right)^{n_v}, \quad (2.50)$$

де k_2 – коефіцієнт для матеріалу інструмента ($k_2 = 1$ по [13]);

n_v – показник ступеня при обробці (приймається $n_v = 0,9$ по [13]).

$$k_{iv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{500} \right)^{0,9} = 1,44;$$

$$k_v = 1,44 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 1,04;$$

$$v = \frac{49,5 \cdot 70^{0,45}}{180^{0,33} \cdot 0,1^{0,3} \cdot 0,05^{0,4} \cdot 10,5^{0,1} \cdot 20^{0,1}} \cdot 1,04 = 247,5 \text{ м/хв.}$$

Знаходимо силу різання. Головна складова сили різання при фрезеруванні – окружна сила P_z , Н, що визначається за формулою

$$P_z = \frac{10 \cdot c_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot k_{ip}, \quad (2.51)$$

де n – частота обертання фрези, хв^{-1} .

Значення коефіцієнта c_p і показників ступеня визначаються по таблиці [13], поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу k_{mp} - по таблиці [13], величини інших складові сили різання горизонтальної P_h , вертикальної P_v , радіальної P_y , осьовий P_x , установлюються із співвідношення головної складової P_z [13]: $c_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1,0$; $q = 0,86$; $w = 0$.

Показник ступеня $n = 0,3$ [13].

Коефіцієнт, який враховує якість матеріалу що оброблявся k_{mp} , визначається за формулою

$$k_{mp} = \left(\frac{\sigma_{\epsilon}}{750} \right)^{n_v}; \quad (2.52)$$

$$k_{mp} = \left(\frac{500}{750} \right)^{0.3_v} \approx 0,88.$$

Частота обертання фрези n визначається зі співвідношення

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}; \quad (2.53)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 247,5}{3,14 \cdot 70} = 1126 \text{ хв}^{-1}.$$

По паспорту верстата приймається $n_{\phi} = 800 \text{ хв}^{-1}$.

Тоді фактична швидкість різання

$$V_{\delta} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\delta}}{1000}; \quad (2.54)$$

$$V_{\delta} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 800}{1000} = 175,8 \text{ м/хв};$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,1^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 10,5^{0,3} \cdot 20}{70^{0,86} \cdot 800^0} \cdot 0,88 = 10,55 \text{ Н}.$$

Крутний момент на шпинделі $M_{кр}$, Нм визначається за формулою

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}; \quad (2.55)$$

$$M_{кр} = \frac{10,55 \cdot 70}{2 \cdot 100} = 3,7 \text{ Нм}.$$

Потужність різання N_e , кВт визначається за формулою

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}; \quad (2.56)$$

$$N_e = \frac{10,55 \cdot 175,8}{1020 \cdot 60} = 0,03 \text{ кВт.}$$

Технічна норма часу, хв [14]

$$t_{ш.к.} = t_0 + t_{B.V.} + t_{opm} + \frac{T_{п.з.}}{Z}, \quad (2.57)$$

Машинний час, необхідний для обробки площини деталі t_0 , хв, розраховується за наступною формулою

$$t_0 = \frac{L}{S_m}, \quad (2.58)$$

де L – довжина обробки з урахуванням врізання й виходу фрези, мм;

S_m – хвилинна подача, мм/хв.

Довжина оброблюваної деталі L визначається зі співвідношення

$$L = l + y, \quad (2.59)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні деталі, мм;

y – довжина врізання й виходу фрези, мм, визначається за формулою

$$y = y_1 + y_2, \quad (2.60)$$

де y_1 – довжина врізання фрези, мм;

y_2 – довжина виходу фрези, мм.

$$y_1 = \sqrt{D \cdot t - t^2}; \quad (2.61)$$

$$y_1 = \sqrt{70 \cdot 0,1 - 0,1^2} = 2,64 \text{ мм};$$

$$y_2 = 0,05 \cdot D = 0,05 \cdot 70 = 3,5 \text{ мм};$$

$$y = 2,64 + 3,5 = 6,14 \text{ мм}.$$

Хвилинна подача S_m визначається зі співвідношення

$$s_i = s_z \cdot z \cdot n; \quad (2.62)$$

$$s_m = 0,05 \cdot 20 \cdot 800 = 800 \text{ мм/хв};$$

$$L = 73 + 6,14 = 79,14 \text{ мм};$$

$$t_0 = \frac{79,14}{800} = 0,1 \text{ хв}.$$

Допоміжний час на зняття й установку деталі, згідно [14], $t_{3y}=2,7$ хв.

Допоміжний час, пов'язаний з переходом, згідно [14], $t_{дп}=0,47$ хв.

Час обслуговування робочого місця, згідно [14], $t_{орм}=0,2$ хв.

Підготовчо-заклучний час, згідно [14], $T_{пз}=9$ хв.

Кількість деталей у партії приймаємо $Z=20$ од.

Визначаємо штучно-калькуляційний час $t_{ш.к}$.

$$t_{\phi .\hat{e}.} = 0,1 + 2,7 + 0,47 + 0,2 + \frac{9}{20} = 3,92 \text{ хв}.$$

2.3.8 Розрахунок операції шліфування поверхні шкворня поворотного кулака згідно креслення $\text{Ø } 50,2 \text{ мм в } \text{Ø } 50_{-0,027}^{-0,010}$. Операція 040

Режим різання при шліфуванні торцем кола призначається в наступній послідовності. Визначається поперечна подача (глибина шліфування, мм) залежно від довжини, механічних властивостей оброблюваного матеріалу

деталі, а також характеру обробки. Поперечна подача за подвійний хід стола 0,01 мм, відповідно глибина різання $t=0,025$ мм [13].

Швидкість кола $V_k = 30$ м/с [13].

Швидкість деталі 3 м/хв.

Ширина шліфування $b= 78$ мм.

Потужність шліфування N_e , кВт, визначається за формулою

$$N_e = C_N \cdot v_d^r \cdot t^x \cdot b^z. \quad (2.63)$$

Значення коефіцієнта C_N і показників ступеня приймаємо для незагартованої сталі при плоскому зовнішньому шліфуванні з поперечною подачею на подвійний хід стола $C_N = 0,39$; $r = 0,7$; $x = 0,5$; $z = 0,6$ [13].

$$N = 0,39 \cdot 3^{0,7} \cdot 0,025^{0,5} \cdot 78^{0,6} = 1,9 \text{ кВт.}$$

При шліфуванні машинний час t_m , хв, визначається з [12]

$$t_m = \frac{L}{s \cdot 1000} \cdot i \cdot k, \quad (2.64)$$

де k – коефіцієнт, який рахує точність процесу шліфування і спрацювання кола, для остаточного – $k = 1,5-1,7$ [13];

L – довжина шліфування, мм;

i – число проходів;

s – хвилинна подача деталі, м/хв.

Число проходів i визначається за формулою

$$i = \frac{z}{t}, \quad (2.65)$$

де z – товщина знімаємого шару

$$i = \frac{0,2}{0,025} = 8.$$

Машинний час t_m для обробки поверхонь буде дорівнювати

$$t_m = \frac{78}{3 \cdot 1000} \cdot 8 \cdot 1,6 = 0,33 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на установку й зняття деталі $t_d = 0,64$ хв. Допоміжний час, пов'язаний з обробкою однієї поверхні $t_o = 0,42$ хв. Час обслуговування робочого місця й на природні потреби $t_{обрм} = 6\%$ [14]. Звідси норма штучного часу $T_{шт}$ визначається за формулою

$$T_{шт} = (t_m + t_o) \cdot \left(1 + \frac{6}{100}\right); \quad (2.66)$$

$$T_{шт} = (0,33 + 1,06) \cdot \left(1 + \frac{6}{100}\right) = 1,47 \text{ хв.}$$

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Застосування пристосувань в авторемонтному виробництві

Пристосуваннями в машинобудуванні називають додаткові пристрої до технологічного устаткування, що застосовуються при виконанні технологічних операцій (обробка заготовок, складання виробів, контроль). За рахунок використання пристосувань усувається необхідність розмітки заготовок, розширюються технологічні можливості металообробного обладнання, зростає продуктивність праці, підвищуються точність обробки і якість виробів. Використовуючи пристосування, можна зменшити технологічний час за допомогою об'єднання обробки кількох заготовок та багатьох поверхонь якоїсь заготовки; та збільшення кількості працюючих інструментів, та збільшення параметрів обробки. У загальному обсязі засобів технологічного оснащення приблизно 50% складають верстатні пристосування [15].

Найбільшу питому вагу в загальній масі оснащення мають верстатні пристосування, за допомогою яких вирішуються три основні завдання:

- базування оброблюваних деталей на верстатах з вивіркою по перевірочних базах замінюється базуванням без вивірки, що впливає на процес базування прискорюючи його і надає варіант автоматичного отримання параметрів на верстатах які пройшли налаштування;

- підвищується продуктивність, і спрощуються умови роботи робочих місць за рахунок механізації пристосувань, а так само із використанням багатозадачної, по позиціях беззупинної обробки;

- розширюються технологічні можливості верстатів, що дозволяє на звичайних верстатах виконувати таку обробку або одержувати таку точність, для якої ці верстати призначені.

Останнім часом значно підвищився рівень механізації й автоматизації пристосувань, проведена також велика робота зі стандартизації їхніх деталей, вузлів і окремих конструкцій. Широка механізація й автоматизація застосувань

в умовах дрібносерійного виробництва є можливим при використанні новітніх принципів у конструкції:

- започаткування пристосувань які необхідно буде переналагоджувати (групові, універсальні) з індивідуальною мехічною роботою;
- розроблення рідкісних приводів для безперервного обслуговування спецпристосувань.

Водночас в одиничному й дрібносерійному виробництві широке застосування одержала система універсально-збірних пристосувань. Вона заснована на принципі багаторазового використання певної сукупності деталей і вузлів, з яких протягом декількох годин компонуються різноманітні пристосування. У ній починають використати пневмо- і гідросилові вузли для закріплення заготівель.

У сучасному машинобудуванні все більше поширення одержує оснащення, скомпоноване зі стандартних деталей і вузлів, а також стандартні конструкції пристосувань, що виготовляють на спеціальних заводах. Однак у ряді випадків для оригінальних і складних у виготовленні деталей, а також при зміні об'єкта виробництва машинобудівним заводам доводиться самотужки конструювати й виготовляти технологічне оснащення для забезпечення заданої точності й високопродуктивної обробки.

Для усунення негативних факторів і для забезпечення низького рівня на першому етапі стали вдосконалювати спеціалізацію ремонту, створювати вузькоспеціалізовані підприємства з високою концентрацією виробництва й прогресивних технологій.

3.2 Аналіз конструкції пристосування і його роботи

У пристосуванні (рис. 3.1) під час розточування напиленого отвору кришка кожуха напіввісі опирається настановною базою на опорну пластину корпусу. Деталь закріплюється прихватами 2, поєднаними з гідроциліндрами 4. Закріплення та розкріплення деталі відбувається переміщенням штоку гідроциліндру у вертикальному напрямку. При подачі робочої рідини у верхню

полость гідравлічного циліндра поршень зі штоком, який одночасно є прихватом, опускається вниз та здійснює зажим деталі. При зниженні тиску пружина 6 виштовхує поршні з прихватами вверху, тим самим звільняючи деталь. У спроектованому пристосуванні доцільно використати гідравлічний привід за наступними міркуваннями: компактність, простота, скорочення допоміжного часу закріплення та надійність.

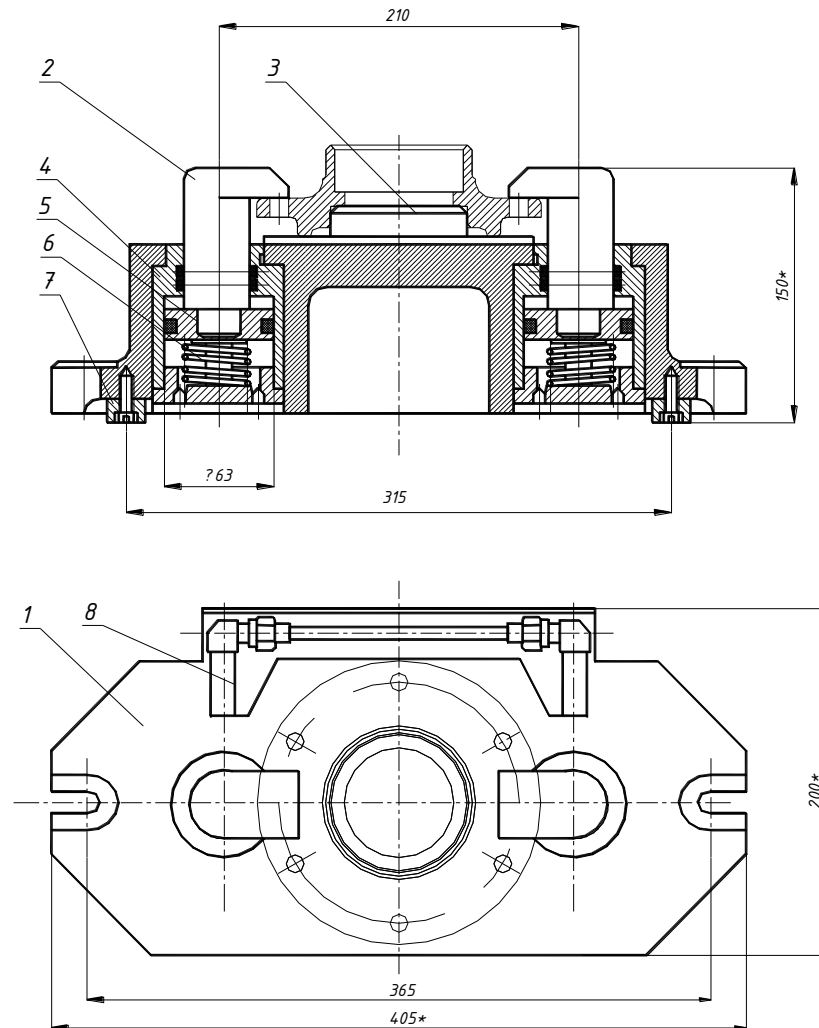


Рисунок 3.1 – Пристосування для закріплення кришки кожуха напіввісі

3.3 Силовий розрахунок пристосування

Під час розточування на кришку діють сила різання, і момент, які намагаються зробити лінійний і кутовий зсув деталі. Цьому перешкоджає сила затискання W (рис. 3.2).

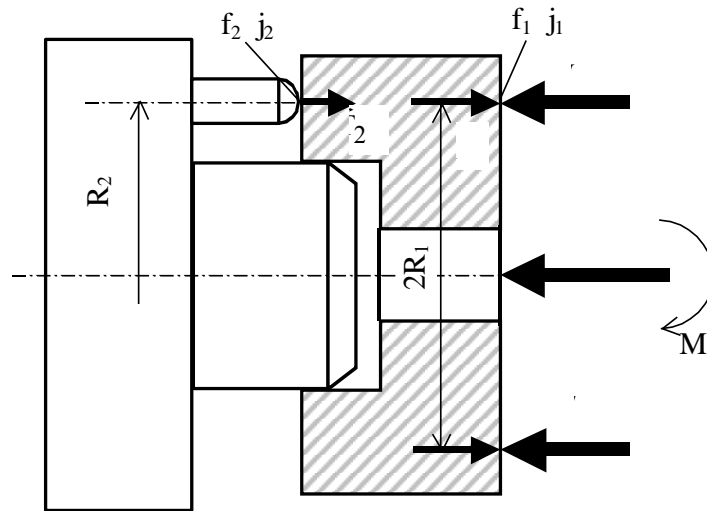


Рисунок 3.2 – Схема сил, що діють на кришку при розточуванні отвору

Виходячи з розрахунків і креслень, приймаємо: $P_z = 808,6$ Н; $I_\delta = 60,6$ Нм.

Величину сили затискання W визначають, виходячи з рівнянь статичної рівноваги [15]

$$K \sum_{i=1}^n P_i = \sum_{j=1}^m P_j, \quad (3.1)$$

$$K \sum_{i=1}^n M_i = \sum_{j=1}^m M_j, \quad (3.2)$$

де K – коефіцієнт запасу сили закріплення;

P_i, P_j , – сили, що намагаються зробити лінійний зсув деталі й сили, що перешкоджають цьому, відповідно;

M_i, M_j – моменти, що намагаються зробити кутовий зсув деталі й моменти, що перешкоджають цьому, відповідно.

Визначаємо коефіцієнт запасу сили закріплення [15]

$$K = K_0 \prod_{i=1}^6 K_i \geq 2,5, \quad (3.3)$$

де K_0 – гарантований коефіцієнт запасу (1,5);

K_1 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил обробки через

нерівномірність припуску (для чорнового розточування дорівнює 1,2);

K_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил обробки через затуплення різального інструменту (1,35);

K_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил обробки при обробці несучільних поверхонь (при безперервному різанні 1,0);

K_4 – коефіцієнт, що враховує сталість сили закріплення, яку розвиває привід (для гідроциліндру односторонньої дії 1,3);

K_5 – коефіцієнт, що враховує тип силового механізму (для типу 2 складає 1,2);

K_6 – коефіцієнт, що враховує рівномірність розташування опорних елементів (точки контакту розміщені рівномірно - 1,0)

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,35 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 3,8.$$

Визначаємо необхідне значення сили закріплення W .

Відсутність кутового зсуву від дії моменту сил $\dot{I}_\delta = 60,6$ Нм без урахування ваги деталі G буде за умови, що

$$W = \frac{k \cdot M - f \cdot R \cdot P}{2f \cdot R}, \quad (3.4)$$

З обліком отриманих раніше значень маємо

$$W = \frac{3,8 \cdot 60,6 - 0,16 \cdot 0,06 \cdot 250}{0,16 \cdot 0,06} = 23700 \text{ Н.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо значення сили затискання кришки в пристосуванні двома гідроциліндрами одночасно $W=11850$ Н.

3.4 Розрахунок гідравлічного приводу пристосування

Тиск робочої рідини в приводі приймаємо рівним $p = 6,3$ МПа. Оскільки в нашому випадку подача робочої рідини відбувається з боку надпоршневої порожнини, то діаметр гідроциліндра визначається рівнянням [15]

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{Q + \tilde{n}\tilde{\delta}}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (3.5)$$

де p – номінальний тиск робочої рідини;

s – робочий хід пружини;

x – жорсткість пружини;

η – ККД гідроциліндра, $\eta = 0,9$;

$$D = 2 \cdot \sqrt{11850 + 0,02 \cdot 650 / 3,14 \cdot 6,3 \cdot 10^6 \cdot 0,9} = 51,6 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартний діаметр гідроциліндра $D = 63$ мм.

Визначаємо час спрацьовування гідроциліндра. У гідросистемі швидкість руху робочої рідини в трубопроводах залишає 1,5-4 м/с.

Визначається час спрацьовування гідроприводу

$$t = \frac{S_Q}{V_P} \cdot \left(\frac{D}{d_0} \right)^2. \quad (3.6)$$

Діаметр трубопроводу визначаємо за формулою [15]

$$d_0 = \sqrt{\frac{21,22 \cdot Q_H}{V_P}}, \quad (3.7)$$

де $V_P = 4,5$ м/с – швидкість руху робочої рідини в трубопроводах;

$Q_H = 0,005$ дм³/с – продуктивність насоса.

За рекомендацією ГОСТ 16516-80 приймається умовний прохід $d_y = 2,5$

мм.

$$t = 0,01 / 4,5 \cdot \left(\frac{63}{2,5} \right)^2 = 1,41 \text{ с.}$$

Для серійного виробництва час затискача однієї заготовки не повинен перевищувати 1,5 с.

Розрахуємо на міцність елементи гідроприводу.

Напруження на штоку гідроциліндра [15]

$$\sigma = \frac{4 \cdot W}{\pi \cdot d^2} \leq [\sigma_p], \quad (3.8)$$

$$\sigma = 4 \cdot 11850 / 3,14 \cdot 25^2 = 24,2 \text{ МПа} < [\sigma_p],$$

де $[\sigma_p] = 100 \text{ МПа}$ – допускаєма напруга на розтягання-стиск.

Розрахуємо різьбове сполучення на міцність.

Осьова реакція в штоку дорівнює силі фактичного затискання W . Довжина сполучного різьблення повинна бути не менш h . Оскільки поршень і шток виготовлені зі сталі 20Х, то $[\tau_{cp}] = 120 \text{ МПа}$.

Довжина різьблення h визначається рівнянням [15]

$$h = \frac{W}{\pi \cdot d \cdot k_1 \cdot k_m \cdot [\tau_{cp}]}, \quad (3.9)$$

де $d = 25 \text{ мм}$ – діаметр різьблення;

$k_1 = 0,87$ – коефіцієнт повноти різьблення для трикутного профілю;

$k_m = 0,65$ – коефіцієнт нерівномірності розподілу напруги по витках різьблення,

$$h = 11850 / 3,14 \cdot 25 \cdot 0,87 \cdot 0,65 \cdot 120 = 2,2 \text{ мм.}$$

Приймаємо $h = 10 \text{ мм}$, тому що відповідно до ГОСТ 12.209-79 довжина різьблення повинна бути не менш 10 мм.

4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1. Інтеграція систем

Стара теза інтеграції всього циклу створення виробу від проектування до аналізу й підготовки виробництва поступово одержує реальне втілення в програмному забезпеченні сучасних найбільш потужних інтегрованих САД-систем (вищого рівня). З'явилося значно більше підстав називати їх уже не САД-системами, а системами САД/САМ/САЕ й РДМ.

Задачу інтеграції поставила на перше місце компанія Parametric Technology (РТС), споконвічно зробивши у своєму продукті Pro/Engineer (1988 рік) ставку на повну асоціативність всіх видів даних про виріб на основі єдиної структури бази (концепція «повного електронного визначення виробу»).

Сьогоднішній рівень, якому повинні відповідати системи автоматизації, можна визначити, користуючись термнологією компанії Computer-vision (далі CV), як «Повний електронний опис об'єкта» (EPD – Electronic Product Definition). EPD – це технологія, що забезпечує розробку й підтримку електронної інформаційної моделі протягом усього життєвого циклу об'єкта, включаючи маркетинг, концептуальне й робоче проектування, технологічну підготовку, виробництво, експлуатацію, ремонт й утилізацію.

Аналогічні підходи застосовують й інші виробники. 2-мірне проектування, як раніше базове в конструкторських підрозділах, характерне для систем САД «початкового» рівня, вважається минулим етапом, а креслення розглядається як похідна від об'ємного (твердотілого) проектування. й у чотири - шість разів скорочений час програмування верстатів ЧПК. Підвищення якості виробу вимагає створення високоточних траєкторій інструментів, а для цього потрібно генерувати набагато більші об'єми даних, оскільки різальному інструменту при цьому необхідно зробити набагато більше проходів по кожній траєкторії. Щоб.

створити програму для ЧПУ при виготовленні типової голівки блоку циліндрів, потрібна робота 3-4 фахівців протягом, приблизно, п'яти місяців, при цьому генерується біля мільйона точок. Автоматична генерація із твердотілої моделі за допомогою, наприклад, CV Toolmaker виконується за півгодини, враховується два з половиною мільйона точок і досягається висота гребінців менш 0,0001 дюйма при промисловому стандарті в 0,0005 дюйма.

Типовий для сьогоdnішнього високотехнологічного виробництва проект найчастіше охоплює «розширене підприємство», у якому співробітничать розроблювачі, постачальники, виробники й замовники. Оскільки багато хто з учасників проекту й постачальники можуть перебувати в різних країнах, стає зрозуміло, що для забезпечення такої діяльності крім ПК і локальної мережі потрібні потужні мережні сервери, високопродуктивні графічні робітники, станції й глобальна мережа Internet.

Концепція «повного електронного визначення виробу» у цей час розвилася до концепції Total Product Modelling (загальної моделі виробу). Це новітня методика інтеграції даних, що найбільше повно відповідає ідеям і цілям PDM. Вона враховує використання всіх даних про виріб із всіх ділянок - від конструкторських бюро до маркетингових служб. Ці дані застосовуються для побудови повного, всебічного опису як самого виробу (геометричні цифрові тривимірні твердотілої моделі САПР, кінцево-елементні моделі для аналітичних розрахунків), так і технологічних прийомів його виробництва, особливостей його функціонування, режимів застосування й т.п. На сьогоdnішній день такий підхід до інтеграції даних реалізований тільки в САПР СЛПА (IBM/Dassault) - «Virtual Product Modelling», Optegra/CADDS5 (Computer-vision) - «Electronic Product Definition» й EDS/ Unigraphics.

Іншими характерними можливостями таких систем стали:

– Повна параметризація всіх моделей, уперше застосована компанією PTC в 1989 р. (Pro/ Engineer), що дуже істотно при ітеративному характері роботи при проектуванні. Давно помічено, що найбільший обсяг робіт – це не саме проектування, а внесення зхв і виправлення пов'язаних із цими зхвами помилок. Процес параметричного моделювання можна описати в такий спосіб:

у ході побудови система накопичує конструкційні параметри й співвідношення між ними, а також формує протокол (історію) створення геометрії, дозволяючи простою зхвою параметрів легко модифікувати й регенерувати модель.

Більші зборки. Зараз можлива робота зі збірками з тисяч і десятків тисяч деталей. У міру того як користувачі САД рухалися до паралельного проектування, команди технологів і проектувальників стали працювати спільно. Якщо шляхом комп'ютерного моделювання збірки проектувальник може зафіксувати нестиківку, він заощадить на вартості виготовлення фізичного прототипу. Сьогодні багато постачальників САД-систем старшого класу випустили засіб, підтримуючий одночасний доступ користувачів до деталей і зборок.

Можливість швидкої візуалізації складних об'єктів і збірок. Більшість засобів моделювання збірок використовують стратегії спрощення для того, щоб упоратися із проблемою великого об'єму даних. Перша стратегія дозволяє завантажувати тільки ту частину збірки, яка споживачеві потрібна для роботи. Друга стратегія спрощення збирання дає можливість показати вид з меншим числом деталей для деяких компонентів. Третя стратегія використовує сіткове подання геометрії деталей, а не їх точне математичне представлення, що вимагає значно менше часу й ресурсів.

Гібридне моделювання (CADD5, UG/Solid Modelling, Euclid, 3 ATI A) дозволяє сполучати каркасну, поверхневу, твердотілу геометрію й використати комбінації жорстко розмірного (з явним завданням геометрії) і параметричного моделювання.

З іншого боку, однією з головних тенденцій сучасного ринку САПР є активний розвиток частки середніх систем автоматизації, орієнтованих на молодші, недорогі моделі робочих станцій Unix і платформи Windows 95/NT. Це SolidWorks (SolidWorks Inc.), SolidEdge (Intergraph), Cimatron (Bee-pitron). Фірми розроблювачі важких САПР спішно випускають САПР середнього рівня, що працюють незалежно, або разом із САПР третього рівня: Unigrafics - Solid Edge, або SolidWorks; Pro/Engineer - PT/Modeler; EUCLID A - PRELUDE

DESIGN; Anvil 5000 - Anvil Express; -I-DEAS Master Series - I-DEAS Artisan Series.

Наслідком цієї тенденції стало усвідомлення більшістю користувачів того факту, що системи молодшого класу гарні тільки для рішення певного кола проблем і малоефективні з погляду середніх і великих компаній, діяльність яких далеко виходить за рамки креслення, нехай навіть і з розширеними можливостями тривимірного моделювання. Важкі вимагають потужного устаткування й самі по собі досить дорогі. По оцінках експертів, системи середнього класу можуть покрити до 80% типових машинобудівних задач.

Цьому сприяє також процес стрімкого зростання потужності щодо недорогих персональних комп'ютерів (ПЕВМ, ПК, РС), фізичні можливості яких на сьогодні зрівнялися з робочими станціями 2-х літньої давнини й продовжують рости. Так, відповідно до відомого закону Мура, продуктивність процесорів ПК подвоюється кожні 1,5-2 року. Ємність жорстких дисків росте приблизно в 1,5 рази за той же період часу. Саме ПЕВМ мають високу універсальність і найкраще співвідношення ціна -продуктивність.

ОС UNIX «здає» свої позиції як середовище, у якому функціонують серйозні CAD/СЛМ системи. Системи CAD/CAM середньої потужності, які 2 роки тому працювали тільки під ОС UNIX на робочих станціях (вартістю від 20 тис. \$) працюють під WINTEL (SolidEdge, SolidWorks). Цьому також сприяє факт широкого поширення базових програмних рішень фірми Microsoft, у тому числі для мережної роботи (особливо Windows NT), що дозволяють зв'язувати різні групи проектувальників, що раніше було можливо лише на платформі UNIX.

Збільшується інтеграція функцій з CAD у базові операційні системи, що природно сприяє стандартизації цих функцій. Найбільш відомий приклад - плани включення Open GL в Windows. Уже зараз Open GL - найлегший й універсальний метод рендерінгу об'єктів CAD.

2. Стратегія багаторівневих комплексів.

Стратегія створення “багаторівневих комплексів” включає пари твердотілих CAD/CAM важкого й середнього рівня (з єдиним геометричним

ядром) і САD початкового рівня. При цьому вся система подібна до піраміди, де в основі - більше число САD (для доробки креслярської документації), а у вершині - одне або кілька робочих місць на базі «важких» систем.

3. Розвиток програм конвертерів. Розвиваються програми конвертори найбільше розповсюджених форматів тривимірних геометричних даних, але повної сумісності форматів поки немає, і можливо не буде, через різницю в наборі геометричних функцій. Тому від вибору геометричного ядра системи буде залежати можливість застосування тих або інших САМ/СЛЕ/СІМ/PDF систем. Важливою характеристикою САПРу варто вважати також розмаїтість форматів експорту й імпорту інформації. Ядром всіх сучасних САПР є модуль геометричного моделювання, що дає можливість побудувати коректний опис проєктованого продукту, що є базою для всіх інших задач, розв'язуваних у рамках системи. Сучасна САПР зобов'язана мати можливість моделювати геометрію твердого тіла методом Вгер. Метод одержав назву від скорочення терхва Boundary Representation - опис тіла за допомогою подання границь або точного аналітичного завдання граней, що обмежують тіло. Це єдиний метод, що дозволяє створити точне, а не приблизне подання геометрії тіла. Сьогодні важко зустріти систему, яка б не мала, або не декларувала б наявність методів твердотілого моделювання. Однак функціональні можливості методів побудови твердого тіла у двох системах можуть сильно відрізнятись один від одного. Варто звертати увагу на функціональну повноту, можливість вирішувати топологічні складні задачі: що перекриваються скруглення зхвного радіусу, побудова тонкостінного тіла зі зхвою топології, взаємозв'язок методів побудови поверхонь і твердого тіла, можливість параметризації й зхви моделі.

Досягненням сучасного періоду можна вважати методи побудови поверхонь довільної форми на основі В-сплайнів - NURBS, що стали стандартом де-факто для проєктування складних поверхонь.

4. Створення корпоративних інтегрованих інформаційних систем керування.

Якщо раніше комп'ютерні й інформаційні технології розвивалися по шляху поступового нарощування потужностей і вирішення задач локальної автоматизації (що приводить до нагромадження баз даних і підготовці кадрів,

то зараз різкий ривок в області сучасних інформаційних технологій досягається за допомогою створення корпоративних інтегрованих інформаційних систем керування підприємством (PDF), що включає крім CAD/CAM/CAE ще й:

- автоматизовану підсистему технічної підготовки виробництва;
- підсистему інформаційного керування матеріально-технічним постачанням і складами, плануванням і виробничих процесів;
- підсистему автоматизації фінансово-економічної діяльності й бухгалтерського обліку, оперативної підготовки даних для аналізу, стратегічного прогнозування й прийняття оптимальних керуючих рішень;
- підсистема документообігу й електронного архіву.

Популярною архітектурою є «клієнт-сервер», де ОС сервера - «UNIX», клієнта - «Windows NT», основна СУБД - «Oracle».

5. Створення «віртуального підприємства». Процес створення складного виробу, характеризується інтенсивним обхвом результатами роботи між організаціями, підрозділами організації й конкретними виконавцями, що беруть участь у розробці. При цьому взаємодія відбувається на всіх етапах «життєвого циклу» продукту й охоплює фази виробництва й експлуатації. Ефективна робота такого конгломерату «віртуального підприємства» забезпечується застосуванням CALS технологій.

4.2 Огляд сучасних програмних продуктів для можливого проектування технологічного забезпечення процесу ремонту деталей

На сьогодні багато фірм розробляє повнофункціональні системи автоматизованого проектування (САПР) – лінії взаємозалежних програм (модулів), що підтримують більшість проектних процедур у певних областях проектування. Часто розробники таких САПР поряд з оригінальними програмними модулями включають у свої системи програми інших фірм. На ринку існує широка пропозиція також програмних продуктів для окремих проектних процедур і операцій.

Найрозвинутішими, але й дорогими, є САПР високого рівня. У п'ятірку світових лідерів таких САПР входять системи CATIA (компанія Dassault Systems) та Unigraphics (компанія Unigraphics Solutions).

Остання, п'ята версія системи CATIA дозволяє створювати варіанти САПР для проектування виробів, від концептуального проектування до технологічної підготовки виробництва і планування виробничих ресурсів. У системі є засоби для поверхневого і твердотілого 3D-геометричного моделювання складних поверхонь, деталей і збірок з оптимізацією параметрів. Можливі фотореалістична візуалізація, відновлення математичної моделі з матеріального макета. Пропонується низка типових конфігурацій системи, у тому числі конфігурації P1 для САПР невеликих і середніх підприємств, переважно постачальників комплектуючих, і P2 – для повнофункціонального наскрізного проектування складних виробів.

САПР Unigraphics – система для проектування великих вузлів і підготовки конструкторської документації. У конструкторській частині Unigraphics є засоби для твердотілого конструювання, геометричного моделювання на основі NURBS-поверхонь, створення креслень за 3D-моделлю, проектування складальних комплектів (у тому числі з тисячами деталей) з врахуванням асоціативності, аналізу допусків та інших операцій. У технологічній частині системи передбачено розроблення програм керування для токарного й електроерозійного оброблення, синтез і аналіз траєкторій інструмента при фрезерному три- та п'ятикоординатному обробленні проектування прес-форм і штампів тощо. Для інженерного аналізу призначені модулі кінематичного й динамічного моделювання механізмів з визначенням сил, швидкостей і пришвидшень, програми міцнісних розрахунків за методом скінчених елементів, засоби аналізу процесів лиття при виготовленні деталей із пластмас.

Керування проектним даними, проектуванням і документообігом у сучасних САПР покладається на системи PDM (Product Data Management).

В Unigraphics функції PDM виконує система iMAN до складу якої входять модулі керування конфігурацією виробів, паралельними і послідовними бізнес-процесами і процесами проектування, доступом до бази даних, інтеграцією

модулів та ін. В IBM використовується система PDM ENOVIA MP. Це система керування даними, яка сприяє інтеграції систем проектування, виробництва і керування усередині підприємства і дозволяє окремим фірмам поєднуватися у віртуальні підприємства на базі Web-технологій. До функцій цієї системи входить керування проектами і зхвами даних, розподіл проектних даних по робочих групах, інтерфейс із системами керування виробництвом (АСУП) тощо.

Система Omega Production передбачає: структурування даних про виробу, технологічні процеси, оснащення й устаткування; керування документами і документообігом; керування конфігурацією виробів; контроль зхв, внесених у проект; інтерфейс з іншими САПР. Крім цього, в Omega Production є модулі оперативного керування виробництвом, контролю якості продукції, керування запасами і постачанням матеріалів та комплектуючих.

Система Search, розроблена білоруською компанією Інтермех, виконує всі основні функції PDM: збереження, пошук і редагування документів різних типів (текстових документів, специфікацій, креслень), реалізацію встановлених прав доступу до даних, формування різних довідок і звітів, візуалізацію структури виробів у вигляді дерева зв'язків компонентів, імпорт із зовнішніх баз даних, організацію групової роботи над проектами, керування версіями і внесенням зхв у проект. У Search забезпечено дистанційний доступ до архіву за допомогою Web-браузерів.

У САПР компанії Інтермех входять також інші оригінальні програми: AVS - для випуску конструкторської документації, fechcard - для технологічної підготовки виробництва, LCAD - для планування виробничих цехів і дільниць. Конструкторське 3D-проекування в САПР фірми Інтермех здійснюється за допомогою програм компанії Autodesk.

Велика частка машинобудівних САПР належить до середнього рівня. Це системи компаній Autodesk, Solid Works Corporation, Топ Системи, Аскон. Усі ці системи орієнтовані, у першу чергу, на платформу Wintel і мають, як правило, підсистеми оформлення конструкторско – креслярської документації, твердотілого 3D – геометричного моделювання, технологічної підготовки виробництва, керування проектними даними, інженерного аналізу й розрахунку

окремих видів машинобудівних виробів, а також бібліотеки уніфікованих компонентів і типових конструктивних рішень.

Модель 3D може бути отримана безпосередньо за кресленням, або за допомогою булевих операцій, чи шляхом виштовхування, протягання, обертання профілю, лофтинга і т. д. Передбачений розрахунок масово-інерційних параметрів. З іншого боку, можна за видами і розрізами тривимірної моделі отримати креслення. Для цього використовується підсистема T-flex CAD 3D. Для параметричного проектування й оформлення конструкторської технологічної документації призначена підсистема T-flex CAD 2D, для керування проектами і документообігом - підсистема T-flex DOCs. У підсистемі технологічного проектування T-flex ТехноПро здійснюють синтез технологічних процесів, розрахунок технологічних розмірів, вибір різального й допоміжного інструмента, формування технологічної документації, у тому числі операційних і маршрутних технологічних карт, відомостей оснащення й матеріалів, карт контролю. Підготовка програм для верстатів з ЧПК здійснюється в підсистемі T-flex ЧПК. Крім названих основних підсистем, до складу T-flex CAD включені програми для інженерних розрахунків деталей, проектування штампів і прес-форм.

Спільним недоліком перелічених програмних продуктів є те, що в них подані для користування типові методи одно – і багатокритеріальної оптимізації, кожен з яких має свої обмеження щодо застосування. Це не дає можливості комплексно, з єдиних позицій, оцінювати якість майбутнього виробу на різних стадіях проектування, оптимізувати його структуру й параметри.

5 НАУКОВИЙ РОЗДІЛ

5.1 Аналіз останніх досліджень і публікацій

Більшість несправностей машини пов'язані зі зношуванням, ушкодженням або навіть поломкою валів - колінчатих, розподільних, допоміжних та інших. Для прикладу, при ремонті двигунів, часто потрібно відновлювати опорні і корінні шийки. Незалежно від конструкції й призначення вала можна виділити такі загальні принципи їх відновлення, слідуючи яким можна забезпечити довговічність вала відновлюваного вала після ремонту.

До валів відновлювалися ставляться наступні вимоги: точність геометричних параметрів та відповідності розмірів які висувалися до кулаків, шийок та других елементів; співвісність даних деталей, відповідність перпендикулярності фланців, спільне розміщення усіх елементів по відношенні до точності (отвори, пази, кривошипні механізми, ексцентрики та інші деталі та механізми); величина рівня спрацювання робочих поверхонь; підвищена втомна міцність, твердість.

Основні несправності валів – зношування або задирки опорних шийок через ушкодження вкладишів або втулок, а також деформації - викривлення вала через через вплив високих температур на шийки. й в свою чергу призводить до збільшення допустимих зазорів у підшипниках і збільшується навантаження, яке веде до погіршення роботи системи мащення.

При корисній експлуатації машин зношування шийок досить незначне – це значення зазвичайн не більше 0,05...0, 08 мм. В більшості випадків овальність шийок не бперевищує 0,02...0, 03 мм. Однак при цьому поверхня шийок має численні ризики, подряпини, канавки глибиною до 0,01...0, 04 мм. Тому навіть у випадку правильної геометрії вал з такими шейками не може бути встановлений без нього відновлення.

Після руйнування підшипників спрацювання інколи досягає 0,5...0, 8 мм, а інколи може досягати і до 2...3 мм. Овальності шийок в даному випадку

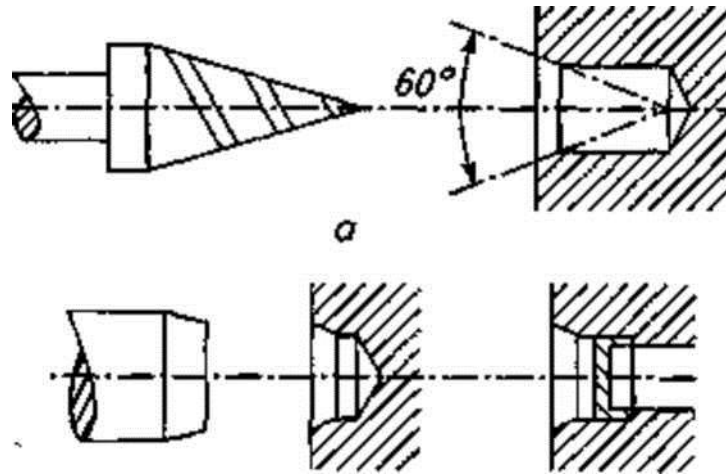
становить приблизно половину зношування. Зношування, як правило, при цьому однобічний, що може значно сповільнити відновлення вала. Коефіцієнт постановки цих деталей при капітальному ремонті машин перебуває в границях 0,25...0,95.

Головною технологічною базою при відновленні валом є їхні центрові отвори на торцях, у яких вал установлюють на виробництві від час складання (рис. 5.1).

Виготовлені фаски у центрі деталі в основному виготовлені із кутом приблизно 60° , а от діаметри в діапазоні - від 6 до 50 мм (рис. 6, а), адже у інших випадках необхідно вкорочені центри, що мають вигляд конуса у розрізі, а закінчення центру гострим яке можливо буде дотикатися до дна отвору у валі (рис. 5.1, б).

Найбільше зручно проводити перевірку в токарському верстаті, з використанням центрів у яких кут складає 60° , можуть бути виготовлені із м'якого металу такого як мідь, бронзу чи алюміній. Поверхня даного центру рідко й досить рівна проте, наявність спіральної канавки з відповідною потрібною шириною (приблизно 0,5 мм) і глибиною (0,1...0,2 мм) та кроком 5...7 мм (див. рис. 5.1, а).

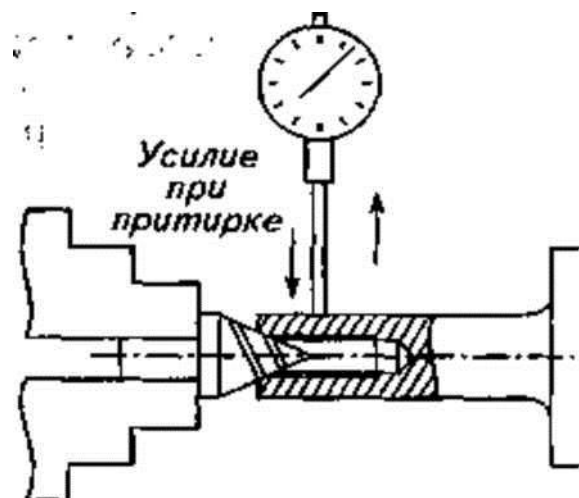
Один із центрів можуть затискатися у патроні шпиндельної головки, а решта у патрон, задньої бабки верстата. Вал фіксують центрами нерухомо, але з можливістю повертати його руками. В першу чергу потрібно перевірити правильність встановлення вала. Для здійснення даної мети потрібно встановити магнітну стійку з індикатором, частина ніжки якої дотикається до поверхні яку перевіряють. Потім визначаємо баття яке не має перевищувати 0,02...0,03 мм.



Рисюнок 5.1 – Центрові отвори й фаски валів:

а - отвір; б - отвір, вимагають укороченого центру

Виправлення центрових фасок найбільше просто виконати на токарському верстаті. Для цього на відповідний центр, який у патроні верстата, подають абразивну пасту чи порошок з маслом. Із підтримкою важеля на валу утворюють бокове чи вертикальне зусилля в сторону, від биття, - що буде контролюватися за допомогою індикатора (рис. 5.2). Далі включають верстат із частотою обігу шпинделя $300 - 500 \text{ хв}^{-1}$. Із допомогою зусилля важеля (150 ... 200 Н) утворюється мале зусилля натискання вала і даліше притискання його до задньої бабки. Тепер оборотом маховика на задній бабці потрібно, щоб був присутній рух вала по осі у центр і від нього.



Рисюнок 5.2 – Схема навантаження вала при виправленні биття центрвої фаски притиранням

При використанні абразивної пасти із розміром абразиву 25...40 мкм, то даний вигляд забезпечує зрушення центральної фаски у межах від 0,03...0,05 мм/хв. Також необхідно добиватися, щоб процес биття робочих поверхонь по краях вала стало менше 0,02 мм.

Вибір образу відновлення валів залежить від значення зношування й можливостей ремонтної бази. Образ вибирають після відповідної перевірки й установлення характеру й ступені зношування поверхонь вала. У валів, шейки яких мають зношування позначки, відхилення від циліндричної до 0,1 мм), перевіряють насамперед роботопридатність центрових отворів.

Шийки валів, на яких спрацювання в межах 0,15...0,3 мм на сторону, відновлюють наплавленням, електромеханічним образом і феромагнітними порошками. При зношуванні, яке перевищує 0,3 мм, застосовують наплавлення або металізацію. Вибір виду нарощування спрацьованих поверхонь деталей також залежить і від типу посадки із зазором або з натягом.

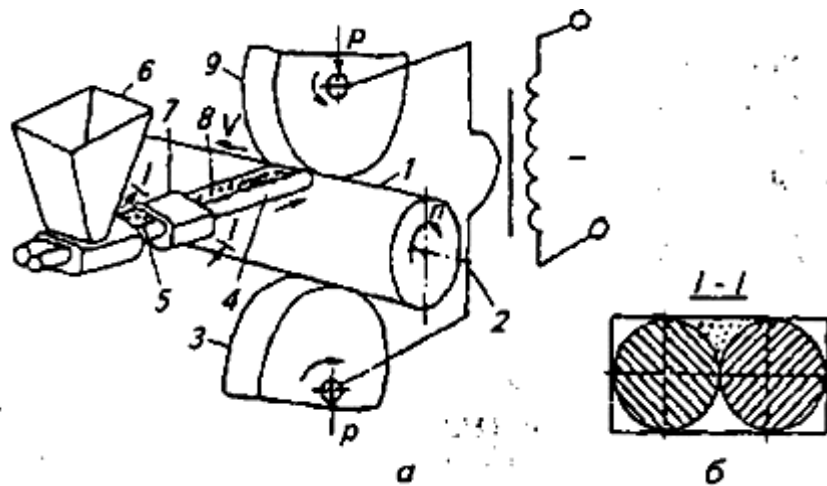
При відновленні валів найбільш часто застосовують наступні види наплавлення: у середовищі діоксиду вуглецю, вібродуговій. Дані процеси використовують при спрацюванні більше як 0,3 мм. Поверхні нерухомих з'єднань відновлюють електроконтактним зварюванням шару металу.

5.2 Підвищення якості поновлюваних поверхонь деталей

Для досягнення цілі збільшення продуктивності процесу відновлення валів, які мають підвищене зношування, рекомендовано використовувати електроконтактну зварку яку необхідно подавати двома проводами при додаванні порошку. Процес відновлення відбувається наступною послідовністю. (рис. 5.3, а): деталь 1, яку необхідно відновити, піддіють електроконтактній наварці. Закінчення виконання кріпляться у отворі 7, перед початком зварних робіт вкладають під верхній 9 чи нижній 3 ролик. Потім верхній ролик 9 притискає кінці проводів до деталі зварювальною тиснявою. У канавку між контактуючими проводами насипають порошок 8, достатнього для подання

його зону наварки. Порошок з бункера попадається для заповнення канави, утворену проводами, що контактують (рис. 5.2, б).

Проведення з порошком надходять у тоні зварювання. Від роботи зварювальним струмом виділяється теплота, а проведення зварюють з несучою поверхнею, що виглядатиму як подвійний валик. Порошок, який ми використовуємо при зварюванні розплавляється, розтікаючись заповняє всі стики поміж валами. Завдяки цьому отримуємо шар без пустот і тріщин.



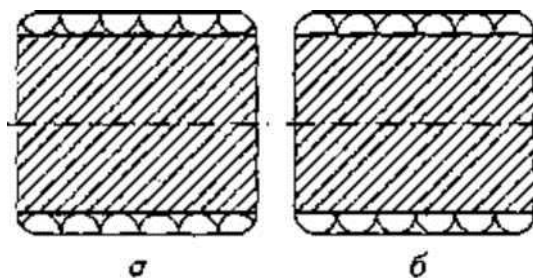
Рисюнок 5.3 – Відновлення поверхонь тіл обігу електродуговим наварюванням

а – загальна схема; б – розміщення порошку між проводами;

1 – деталь; 2 – зварювальний трансформатор; 3 і 9 – ролик нижній і верхній;

4 – кінці проводів; 5 і 8 – порошок; 6 – бункер; 7 – мундштук

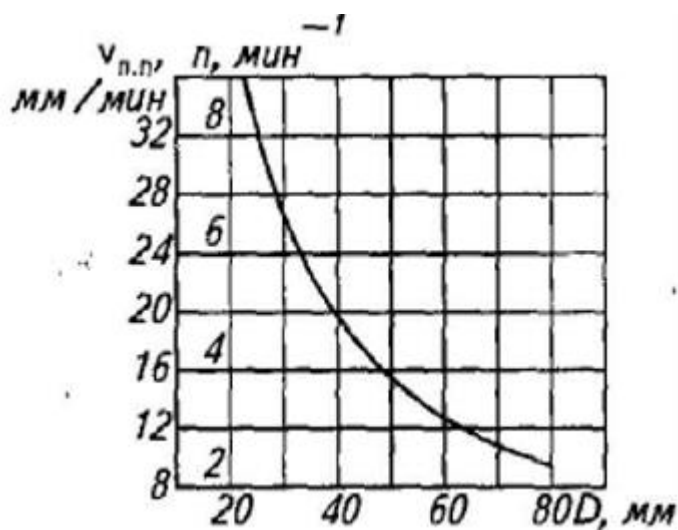
Для для подання частини порошку на лінію сплавки проводів з деталлю проведення подають між деталлю яку наплавляли і нижнім роликом (рис. 5.3, а), а для збільшення частки порошку на поверхні деталі проведення подають між верхнім роликом і деталлю (рис. 5.3, б).



Рисюнок 5.4 – Вид поверхні, що відновлюється при подачі проводів
а – між нижнім роликом і деталлю; б – між верхнім роликом і деталлю

Наварку електроконтактним способом виконують, коли: зусилля при зварюванні в межах $P = 700 \dots 900 \text{ Н}$; сила струму при зварюванні $I_{\text{св}} = 5,5 \dots 6,0 \text{ кА}$; напруга при зварюванні $U_{\text{св}} = 3,5 \dots 4 \text{ В}$; імпульс триває у межах $0,04 \dots 0,06 \text{ с}$; пауза триває $0,04 \text{ с}$. Таким чином паузи дають можливість перекриття зварних крапок в межах $30 \dots 50\%$.

Швидкість поздовжньої подачі й частоту обігу шпинделя визначають по діаграмі (рис. 5.5) залежно від діаметра D поновлюваного виробу.



Рисюнок 5.5 – Залежність швидкості подачі й частоти обігу від діаметра проведення

Гальванічні способи відновлення валів приміняють у великосерійному і масовому відновленні однотипних деталей.

При впровадженні даних технологічних процесів відновлення валів насамперед проводять очищення валів від усього непотрібного їх виправляють. Скороченні вали, зазвичай не ремонтують, а виготовляють. Виправлення проводять двома способами холодним або гарячим образом.

Деформовані вали діаметр яких становить до 30 мм можна правити наклепом. Таким чином вал кладуть на плиту наносять часті удари, до повного виплавленняпоки він не випрямиться.

Виправляють вали на холодно виконують в ручному режиму при використанні гвинтових скоб, важелів та додаткових приспособлень для роботи

із пресом. При діаметрі більше 50 мм у валів та осей виправляють їх способом нагрівання зони деформації.

Після завершенні процесу відновлення отворів ремонтується вал якому встановлюють у центри й за допомогою індикатора визначають биття шийок, а після того дану деталь остаточно правлять.

6 ПРОЕКТНИЙ РОЗДІЛ

6.1 Призначення ділянки

Проектована ділянка призначена для відновлення кришки кожуха напіввісі та шкворня поворотного кулака автомобілів МАЗ за розробленими перспективними процесами ремонту деталей.

6.2 Технологічний процес ділянки

Кришки кожуха напіввісі та шкворні поворотного кулака автомобілів МАЗ надходять на ділянку партіями зі складу деталей, що очікують відновлення згідно з технологічним процесом. Допускаються випадки надходження деталей безпосередньо з ділянки контролю й сортування.

Деталі спочатку, після підготовки до наплавочних робіт, надходять на ділянку виконання зварювальних робіт. Після виконання зварювально-наплавочних робіт за допомогою крана поворотного й візку подаються до постів виконання операцій технологічного процесу.

Кришку кожуха напіввісі автомобілів МАЗ обробляють із наступною послідовністю основних технологічних операцій: послідовне напилення поверхонь під ущільнення, заварка пошкоджених крипільних отворів, послідовне розточування поверхонь під ущільнення, послідовне шліфування у номінальний розмір поверхонь під ущільнення, точіння торцевих поверхонь, свердління крипільних отворів, контроль виконавчих розмірів і якості відновлених поверхонь.

Шкворень поворотного кулака автомобілів МАЗ обробляють із наступною послідовністю основних технологічних операцій: послідовне заварювання прорізей, послідовне точіння зовнішніх циліндричних поверхонь, точіння фаски, точіння проточки, послідовне фрезерування прорізей,

послідовне шліфування зовнішніх циліндричних поверхонь, нарізання різьблення, онтроль виконавчих розмірів і якості відновлених поверхонь.

Відновлені кришки кожуха напіввісі та шкворні поворотного кулака автомобілів МАЗ подаються на ділянку складання.

6.3 Режим роботи й річні фонди часу

Режим роботи проектованої ділянки визначається кількістю робочих днів у році, тривалістю в годинах робочого тижня й зміни, і кількістю хвилин. Усі складові режими роботи, крім кількості змін, визначаються трудовим законодавством.

Для проектованої ділянки ухвалюємо однозмінний режим роботи.

Річні фонди часу встановлюються для робітника, устаткування й робочого місця й підрозділяються на номінальні й дійсні.

Номінальний річний фонд часу робітника визначається кількістю робочих днів у році й тривалістю робочих тижнів. У таблиці 6.1 наведені дані по визначенню номінального річного фонду часу робочого дня виробництв із нормальними умовами праці.

Номінальний фонд розраховується по формулі [13]

$$\Phi_{н.р.} = [365 - (104 + d_n)] t_{см} - n_n \cdot t_c, \quad (6.1)$$

де d_n – кількість святкових днів у році;

$t_{см}$ – тривалість робочої зміни;

n_n – кількість свят у році;

t_c – скорочення робочої зміни у святкові дні.

Дійсний річний фонд робітника $\Phi_{д.р.}$ у годинах визначається як різниця номінального річного фонду й величини неминучих втрат робочого часу [13]

$$\Phi_{д.р.} = \Phi_{н.р.} - \Phi_{н.}, \quad (6.2)$$

де Φ_n – неминучі втрати робочого часу.

Таблиця 6.1 – Номінальний річний фонд часу робітника, год.

Вихідні дані	Виробництво з нормальними умовами праці	
	П'ятиденний тиждень	Шестиденний тиждень
1	2	3
Тривалість робочого тижня	40	40
Тривалість зміни	8	6,8
Кількість календарних днів у році	365	365
Кількість робочих днів у році	253	260
Кількість святкових днів у році	8	8
Кількість днів відпочинку	104	97
Кількість скорочених днів у році	6	6
Номінальний річний фонд часу	2030	2030

Неминучі втрати враховують тривалість відпусток (навчальних і професійних), відпусток через хворобу, а також відпусток, пов'язаних з виконанням державних обов'язків і іншими поважними причинами.

У таблиці 6.2 наведені дані за числовими значенням величини $\Phi_{o,p}$

Для практичних розрахунків використовують вираз для визначення $\Phi_{o,p}$ [13]

$$\Phi_{o,p} = \{ [365 - (104 + d_{o,p})] t_{cm} - nn \cdot t_c \} \eta_p, \quad (6.3)$$

де $d_{o,p}$ - тривалість відпустки в робочі дні,

η_p - коефіцієнт втрат робочого часу.

Номінальний річний фонд часу устаткування визначається аналогічно номінальному річному фонду часу робітника, але з урахуванням складності роботи устаткування. Числові значення номінальних фондів часу робітника й устаткування при однозмінній роботі ідентичні.

Дійсний річний фонд часу устаткування $\Phi_{o,o}$ у годинах визначається з урахуванням простоїв устаткування в планово-попереджувальному ремонті, який виконується в робочий час

$$\Phi_{\text{д.о.}} = \Phi_{\text{н.о.}} (1 - \eta_{\text{п.о.}}), \quad (6.4)$$

де $\Phi_{\text{н.о.}}$ - номінальний річний фонд часу устаткування, год;

$\eta_{\text{п.о.}}$ - коефіцієнт, що враховує втрати часу на ремонт устаткування.

Одержуємо річний фонд часу устаткування 2030 год.

Таблиця 4.2 – Дійсні річні фонди часу робітника

Тривалість тижня, год	Номінальний річний фонд часу робітника, год	Тривалість професійної відпустки, робочі дні	Загальні втрати від номінального річного фонду часу (з урахуванням відпустки), %	Дійсний річний фонд часу робітника
40	2030	15	10	1860
40	2030	18	11	1840
40	2030	24	12	1820
40	2030	24	12	1810

6.4 Визначення річної трудомісткості ремонту на ділянці

Обсяг виробничої програми.

Кількість ремонтів за рік кришек кожуха напіввісі та шкворней поворотного кулака автомобілів МАЗ визначається виробничою програмою підприємства й коефіцієнтом ремонту.

Виходячи з аналізу обсягу ремонту автомобілів МАЗ за останні роки намітилася тенденція поступового збільшення програми. Середня цифра N_p становить у середньому $N_p = 1666$ ремонтів автомобілів МАЗ. Для розрахунку й проектування ділянки з урахуванням наявності двох кришек кожуха напіввісі та двох шкворней поворотного кулака на кожному автомобілі, прийmemo $N_p^3 = 3333$ ремонтів.

Коефіцієнт ремонту за даними заводу становить $K_p = 0,9$.

Таким чином, річний обсяг ремонту деталей буде дорівнювати [13]

$$N_p = N_p^3 \cdot K_p = 3333 \cdot 0,9 = 3000 \text{ од.} \quad (6.5)$$

Визначення оптимального розміру партії деталей і типу виробництва.

Виходячи з річної програми ремонту, визначаємо розмір партії деталей.

Визначаємо місячну потребу у відновлених деталях [13]

$$X = \frac{N_{\Gamma}^3 \cdot K_p \cdot n}{12}. \quad (6.6)$$

Визначаємо добову програму у відновлених деталях

$$X_c = \frac{N_{\Gamma}^3 \cdot K_p \cdot n}{D_{p.p.}}, \quad (6.7)$$

де n - кількість однойменних деталей у вузлі, агрегаті, од.;

$D_{p.p.}$ - кількість робочих днів у році; $D_{p.p.} = 253$ дня.

Маємо для кришек кожуха напіввісі та шкворней поворотного кулака

$$X_1 = X_2 = \frac{3333 \cdot 0,9 \cdot 1}{12} = 250 \text{ од.};$$

$$X_{c1} = X_{c2} = \frac{3333 \cdot 0,9 \cdot 1}{253} = 12 \text{ од.}$$

Приймаємо розмір партії з урахуванням запасу $X_c = 20$ од. У такий спосіб ухвалюємо тип виробництва, як дрібносерійне.

Річна трудомісткість ремонту деталей визначається як добуток отриманої розрахункової (або нормативної або заданої заводом) трудомісткості на обсяг випуску (ремонту) продукції за рік. Отже

$$T_{\Gamma} = \sum T_{um.} \cdot N_p, \quad (6.8)$$

де $\sum T_{ум.}$ – розрахункова трудомісткість на відновлення однієї деталі чол.·год, для кришек кожуха напіввісі $T_{ум.}=1,3$ чол.·год, для шкворней поворотного кулака $T_{ум.}=1,11$ чол.·год.

Для кришек кожуха напіввісі

$$T_p=1,3 \cdot 3000=3900 \text{ чол.·год.}$$

Для шкворней поворотного кулака

$$T_p=1,11 \cdot 3000=3330 \text{ чол.·год.}$$

Трудомісткість відновлення опор кульових поворотного кулака по видам робіт зведено в таблицю 6.3.

6.5 Розрахунок необхідної кількості устаткування

Верстатне устаткування розраховуємо на підставі річної трудомісткості робіт. Кількість слюсарних верстатів беремо залежно від необхідного кількості робочих місць для слюсарів (після розрахунку кількості слюсарів). Решта устаткування – преси для запресовування деталей, розмічальні й правочні плити й інше устаткування ухвалюємо згідно з вимогами технології.

Верстатне устаткування розраховують у такий спосіб. Визначають річну трудомісткість верстатних робіт множенням трудомісткості на один капітальний ремонт на величину річної (трудомісткості) виробничої програми. До отриманої трудової трудомісткості додають обсяг робіт по самообслуговуванню виробництва, який приймають у розмірі 10% від трудомісткості верстатних робіт.

Загальну трудомісткість верстатних робіт орієнтовно розподіляють по видах обробки (на токарні, револьверні, фрезерні й інші роботи). Потім по формулі розраховують кількість верстатів кожного виду. Подальший більш докладний розподіл верстатів по типах і розмірам у межах кожного виду

виконують на підставі вибору залежно від габаритів деталей і характеру їх обробки.

Отже, кількість верстатного устаткування розраховуємо по формулі [13]

$$X = \frac{T^r}{T_{\phi.o.}}, \quad (6.9)$$

де X – кількість устаткування, од.;

T^r - річний обсяг робіт, чол.год.;

$T_{\phi.o.}$ – дійсний річний фонд часу устаткування, год.

Розрахунок необхідної кількості устаткування зведемо в таблицю 6.3.

Вибираємо необхідне устаткування у відповідності з розрахунковою кількістю по кожному напрямку й створюємо відомість устаткування (додаток В).

6.6 Розрахунок кількості виробничих, допоміжних робітників та службовців ділянки

До виробничих робітників відносяться робочі ділянки основного виробництва, що безпосередньо виконують технологічні операції, пов'язані з випуском продукції підприємства (слюсарі по розбиранню й складанню агрегатів і автомобілів, верстатники, зварники та інші). Кількість робочих виробничих визначається як частка від розподілу річного обсягу робіт на річний фонд часу робітника.

Розрізняють обліковий і явочний склад робітників. Обліковий – це повний склад робітників, що включає в себе, тих, які фактично з'явилися на роботу, так і тих, хто перебуває у відпустці і відсутніх по іншим поважним причинам. Явочний – це кількість робітників, що фактично з'явилися на роботу.

Облікова $X_{об}$ і явочна $X_{яв.}$ кількість робітників визначаються по наступних формулах [13]

$$X_{об.} = \frac{T_{\Gamma}}{T_{ф.д.}}; X_{яв.} = \frac{T_{\Gamma}}{T_{ф.н.}}, \quad (6.10)$$

де T_p - річний обсяг робіт, чол. · год,

$T_{др}$ - дійсний річний фонд часу робітника, год;

$T_{мр}$ - номінальний річний фонд часу робітника, год;

$$T_{др.} = 1840 \text{ год}; T_{мр.} = 2030 \text{ год.}$$

Розрахунок кількості виробничих робітників зводимо в таблицю 6.3.

Число допоміжних і інших робітників визначаємо по рекомендаціям, а отримані результати розрахунку зводимо в таблицю 6.4

7 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

7.1 Вихідні дані

Вихідні дані для економічного обґрунтування прийнятого варіанта технологічного процесу ремонту представлені в таблиці 7.1.

Економічний аналіз виконаний для проектного технологічного процесу відновлення картера зчеплення ЯМЗ-236. Як базовий варіант прийнятий технологічний процес, що використовується на авторемонтному заводі.

Таблиця 7.1 - Вихідні дані для економічного обґрунтування

Найменування показників	Базовий варіант	Проектований варіант
1	2	3
1 Річний обсяг випуску деталей, шт.	2000	2000
2 Устаткування, що використовується на відповідних технологічних операціях: 2.1 Модель	6Т83Г - 2 шт. 2Е450АФ1-1 - 1 шт. 2532Е - 1 шт. УД209 - 1 шт. ПА413 - 1 шт. 2А125 - 1шт	6Т83Г - 1 шт. 2Е450АФ1-1 - 1 шт. 2532Е -1 шт. УД209 -1 шт. ПА413 - 1 шт. 2А125 - 1шт Димет-412 - 1 шт.
2.2 Балансова вартість, грн.	856900	902600
2.3 Установлена потужність електродвигунів, кВт	32,3	29,1
3 Норма штучного часу для відповідних операцій і сумарний штучний час, хв.	152,2	148,7
4 Норма основного часу для операцій і сумарний основний час, хв.	43,8	40,4

Продовження табл. 7.1

1	2	3
5 Технологічне оснащення й пристосування по операціях:		
5.1 Пристосування для базування картеру	-	1 шт.
5.2 Балансова вартість за одиницю, грн.	-	4450
6 Різальний інструмент: фрези, різці, шліфувальні кола, шт.	14	13
6.1 Балансова вартість за одиницю, грн.	150,4	180,3
7 Розряд робітника	4	4
8 Годинна тарифна ставка, грн.	8,5	8,5
9 Коефіцієнт середніх по підприємству надбавок і доплат до годинної ставки робітника	1,6	1,6
10 Кількість робітників на всіх змінах, чол.	7	7
11 Виробнича площа ділянки, м ²	324	324

7.2 Розрахунок додаткових капітальних вкладень у виробничі фонди

Прямі капітальні вкладення K_{np} включають [20]

$$K_{np} = K_{об} + K_{д} + K_{ни} + K_{нс} + K_{сн} + K_{ок}, \quad (7.1)$$

де $K_{об}$ - капітальні вкладення в устаткування, необхідні для впровадження технології;

$K_{д}$ - те ж на демонтаж устаткування, що замінюється;

$K_{ни}$ - те ж в оснащення, інвентар, прилади, інструменти, зі строком експлуатації не більше 1 року;

$K_{нс}$ - те ж у промислові спорудження;

$K_{сн}$ - те ж у спорудження й пристрої;

$K_{ок}$ - те ж в оборотні кошти.

Капітальні вкладення $K_{об}$ в устаткування на ділянці розраховуються за формулою

$$K_{об} = K_{об. m} + K_{об.э} + K_{об. nm}, \quad (7.2)$$

де $K_{об. m}$ - капітальні вкладення в технологічне пристосування;

$K_{об.э}$ - те ж в енергетичне встаткування;

$K_{об. nm}$ - те ж у підйомно-транспортне встаткування.

Сумарні капітальні вкладення в технологічне встаткування визначаються по базовому $K_{обm1}$ і проектованому $K_{обm2}$ варіантам

$$K_{об. m} = \Sigma K_{об. mi} \cdot n_i \cdot K_{зв}, \quad (7.3)$$

де $K_{об. mi}$ - вартість одиниці технологічного встаткування і-го типорозміру, грн.;

n_i - кількість технологічного оснащення і-го типорозміру, зайнятого на виконанні операції;

Капітальні вкладення в демонтаж устаткування $K_{д}$. Приймають у розмірі 5% балансової вартості $Цб. m. i$ демонтованого встаткування.

Капітальні вкладення в оснащення K_{ni} (пристосування, прилади, вимірювальний інструмент, моделі, штампи й т.п.) визначаються на підставі даних цехового оперативного-технічного обліку або розраховуються за формулою

$$K_{ni} = (8-10\%) K_{об}, \quad (7.4)$$

де $K_{об}$ - капітальні вкладення в устаткування відповідно по базовому й проектованому варіантах.

Капітальні вкладення в промислові спорудження K_{nc} обчислюються за формулою

$$K_{nc} = F_n h K_3 C_{nc}, \quad (7.5)$$

де F_n - площа виробничої ділянки, m^2 ;

h - висота приміщення цеху (від підлоги до підкранових колій), м;

K_3 - середній коефіцієнт завантаження технологічного встаткування на проєктованій ділянці

Результати розрахунків капітальних вкладень по варіантах наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 7.2 -Прямі капітальні вкладення $K_{пр}$

Елементи прямих капітальних вкладень $K_{пр}$	Вартість по варіантах технологій, грн.		Збільшення (зниження) ΔK , грн.
	базовий	удосконалений	
устаткування $K_{уст}$	856900	902600	45700
демонтаж K_{δ}	-	9800	9800
оснащення, прилади, інвентар $K_{ни}$	2100	6800	4700
промислове спорудження K_{nc}	-	-	-
Разом:	859000	919200	60200

7.3 Розрахунок собівартості одиниці продукції

Рекомендації щодо розрахунку собівартості відображають напрямки впливу проєкту на витрати підприємства, які найбільше часто виникають. Для найбільш повного й всебічного обліку витрат треба проаналізувати їхній склад відповідно до [20].

Результати розрахунків наведено в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 - Собівартість продукції по варіантах технологій

Елементи витрат	Витрати, грн. /од.	
	Базова	Удосконалена
1 Прямі матеріальні витрати (усього):	100,1	90,2
- витрати на сировину, матеріали, напівфабрикати й запасні частини	71,9	65,4
- витрати на технологічні види енергоре-сурсів	28,2	24,8
2 Прямі витрати на оплату праці (усього):	241,4	236
- виробничих робітників;	150,9	147,5
- додаткова заробітна плата	90,5	88,5
3 Інші прямі витрати (усього):	13,4	12,7
- відрахування на соціальні заходи,	0,6	0,6
- витрати на утримання, експлуатацію й амортизацію встаткування, оснащення, інструменту	1,7	1,9
- втрати від браку	11,1	10,2
4 Загальновиробничі витрати (усього):	17,9	17,9
- витрати на утримання виробничих приміщень,	16,8	16,8
- амортизаційні відрахування по виробничих приміщеннях	1,1	1,1
Разом: виробнича собівартість	372,8	356,8

З урахуванням того, що проектом передбачене поліпшення технологічного процесу ремонту

$$C_{B2} = C_{B1} - \Delta C, \quad (7.6)$$

де C_{B1} - виробнича собівартість виробу для базового варіанта, грн.;

C_{B2} - виробнича собівартість виробу після реалізації проекту, грн.;

ΔC - зміни виробничої собівартості.

7.4 Визначення економічного ефекту, висновок про доцільність впровадження проекту на виробництві

Розрахунок вартісних показників ефективності включає річний прибуток від зниження собівартості деталі за рахунок впровадженні нової технології [20]

$$\Delta\Pi = (C_{\Pi 1} - C_{\Pi 2}) \cdot N_{22} - H_t = (1-0,25) \cdot (C_{\Pi 1} - C_{\Pi 2}) \cdot N_{22} = 0,7 \cdot \Delta Z \cdot N_{22},$$

(7.7)

$$\Delta\Pi = 22400 \text{ грн.}$$

де $C_{\Pi 1}$, $C_{\Pi 2}$ - виробнича собівартість для базового й удосконаленого варіантів технологій, грн.;

ΔC - зниження собівартості;

N_{22} - річний обсяг випуску для вдосконаленого варіанта;

H_{Π} - податок на прибуток ($H_{\Pi} = 25\%$ від прибутку).

Впровадження проекту вимагає додаткових капітальних вкладень у сумі ΔK . Тому загальна рентабельність цих капіталовкладень визначається [20]

$$R_k = \frac{\Delta\Pi}{\Delta K} \cdot 100\% = 22400/60200 \cdot 100\% = 37,2\%.$$

Отримана величина R_k порівнюється із середньою величиною річної процентної ставки по депозитних рахунках $\Pi_{ден}$ і величиною загальної рентабельності підприємства у звітному році $R_{общ}$.

Тепер $\Pi_{ден}$ у комерційних банках України без урахування інфляційної складової встановилася на рівні 20-22% річних. Отже, щоб проект був прийнятий підприємством до впровадження, рівень рентабельності додаткових капітальних вкладень повинен задовольняти умові

$$R_k = 37,2\% > 22\% .$$

За результатами порівняння можна зробити висновок про доцільність впровадження проекту.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У країнах миру, залежно від економічного розвитку й політичного положення, існують закони й нормативні документи, які повністю або частково захищають людину від небезпечних і шкідливих умов праці, забезпечують охорону його здоров'я. Соціально й законодавчо захищений людина зацікавлена у своїй праці, цінує свою роботу, яка дає йому можливість гідно існувати, підтримувати родину, годувати й виховувати своїх дітей.

8.1 Виробнича санітарія

Основними виробничими шкідливостями можливими на проєктованому підприємстві є [15]:

- недостатній повітрообмін у приміщення й цехах підприємства,
 - а) небезпечний зміст у повітрі шкідливих і небезпечних речовин;
 - б) недостатня рухливість повітря;
- невідповідність нормі температури, вологості, барометричного тиску,
- недостатня освітленість робочих зон,
 - а) підвищена яскравість;
 - б) знижена контрастність;
 - в) знижена пульсація світлового потоку;
- підвищений рівень шуму;
- підвищений рівень ультразвуку;
- підвищений рівень інфразвуку;
- підвищений рівень вібрації;
- небезпечний рівень вражаючих факторів:
 - а) електричного струму;
 - б) електричного поля;

в) магнітного поля;
– підвищений рівень випромінювань:

- а) інфрачервоних;
- б) ультрафіолетових.

Заходу, прийняті на проєктованому підприємстві для зниження виробничої шкоди:

– для поліпшення повітрообміну підприємство оснащено природньою організованою вентиляцією, здійснюваної за допомогою аерації й дефлекторами;

– також підприємство оснащується механічними системами вентиляції (притічно-витяжна вентиляція), вентилятори якої залежно від состава переміщуваного ними повітря виготовлене з певного матеріалу й мають різну конструкцію:

- а) звичайного виконання,
- б) антикорозійного виконання,
- в) струмо-захисту виконання,
- г) пилові;

– для підтримки певних температурно-вологих умов, а також сталості швидкості й чистоти повітря, підприємство оснащено автономними центральними й місцевими системами кондиціювання повітря;

– для очищення повітря від шкідливих речовин, на підприємстві використовуються пиловловлювачі (циклони, інерційні, жалюзійні, іротаційні), а також туманоуловлювачі (електричні й низькошвидкісні);

– для створення необхідних умов повітряного середовища в обмеженій зоні виробничого приміщення на підприємстві використовується місцева притічна (повітряне підготування, повітряні оазиси й повітряне теплові завіси), і місцева витяжна (захисні кожухи, витяжні шафи, парасолі, кабіни й камери) вентиляція;

– для опалення приміщень – підтримка в них у холодну пору року заданої температури повітря, підприємство оснащено системами центрального водяного й парового опалення. В адміністративно-побутових приміщеннях використовується казанове опалення;

- для висвітлення виробничих приміщень на проектованому підприємстві використовується сполучене висвітлення (природне й штучне, комбіновані);
- у всіх будинках і спорудженнях використовуються такі види штучного висвітлення: робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне й чергове;
- усі робочі місця освітлені відповідно характеру виконуваних робіт;
- забезпечений досить рівномірний розподіл яскравості на робочій поверхні (комбіноване висвітлення, світле фарбування стін, стелі, виробничого встаткування);
- зниження коефіцієнта пульсації освітленості здійснене шляхом стабілізації живлячого напруги, твердим кріпленням світильників;
- для правильної світлопередачі на підприємстві використовуються монохроматичне світло;
- у якості штучних джерел світла на підприємстві використовуються газорозрядні лампи, лампи розжарювання;
- залежно від умов роботи джерела світла виконані в різних конструктивних виконаннях (відкриті, захищені, закриті, пилонепроникні, вологозахисні, вибухобезпечні, вибухозахищені);
- норми штучного висвітлення на підприємстві відповідають нормам освітленості цехів і ділянок АРП розроблених Сніп 2-4-92;
- для захисту від яскравого світла, ультрафіолетового й інфрачервоного випромінювання робітники оснащені окулярами й щитками спеціальними світлофільтрами;
- для зменшення інтенсивності шуму на підприємстві застосована акустична обробка приміщення (нанесення на поверхні приміщень звукобирних матеріалів у вигляді шару матеріалу певної товщини, однорідного й пористого);
- застосовані звукоізолюючі огороження у вигляді стін, перегородок, кожухів, кабін;
- використовуються індивідуальні засоби захисту від шуму (вкладиші, навушники, шоломи);
- для захисту від інфразвуку використовуються глушители реактивного типу (резонансні, камерні);

- для зниження вібрації використаний метод установка агрегатів на фундамент, амплітуда коливань, підшви якого не перевищує 0,1мм;
- для збільшення реактивного опору коливальних систем, застосовані динамічні віброгасії;
- зниження вібрації на шляху її поширення здійснене за рахунок збільшення твердості системи (уведення ребер жорсткості);
- для ослаблення передачі вібрації по елементах конструкції застосована установка віброзатримуючих мас із імпедансом, що значно перевищують імпеданс основної конструкції;
- для зменшення передачі вібрацій на шляху працюючих з ручними механізованим інструментом використовуються пневматичні віброізолятори;
- також робітники оснащені засобами індивідуального захисту рук від впливу вібрації (рукавиці, рукавички, віброзахисні прокладки або пластини).

8.2 Техніка безпеки

Забезпечення безпечної роботи на токарських верстатах. Затискні пристрої верстатів забезпечують надійне кріплення оброблюваних деталей. Багатошпindelні, одношпindelні, токарно-револьверні й інші верстати, на яких для виготовлення деталей використовуються металеві прутки мають трубчасте огороження, у якому розміщують ці прутки.

Механізм кріплення патронів забезпечує надійний затискач і точне центрування інструмента. Для свердлення отворів у грузлих матеріалах використовуються спіральні свердли зі стружковідвідною канавкою. Оброблювані деталі встановлюють і закріплюють у лещатах, кондукторах і інших пристосуваннях, які обов'язково надійно укріплені на столі або плиті свердлильного верстата.

Забезпечення безпечної роботи на повздовжньоостругальних верстатах. Верстати обладнані гальмовими пристроями, що й амортизують, які призначені для запобігання небезпечних наслідків у випадки виходу стола із зачеплення. Зона руху стола, повзуна, що виходить за габарити стругального стола, обгороджена бар'єрами, які перепиняють доступ працюючих у небезпечну зону.

Підйом різцевий полушки при холостому ході автоматизований. Усі стругальні верстати оснащені стружковідбращачами й стружкозбірниками.

Забезпечення безпечної роботи на фрезерних верстатах. Верстати обладнані швидкодіючими гальмовими пристроями. Частина фрези, яка не стикається з поверхнею оброблюваної деталі, обгороджений зручним в експлуатації огородженням.

Ножиці обладнані пристроями, що не допускають ушкодження рук робітників ножами. Для попередження травмування працюючого використовуються фотоелементи, які забезпечують невключення або автоматичне вимикання при влученні рук у небезпечну зону.

Забезпечення безпечної роботи при експлуатації ПТМ. Усі ПТМ експлуатовані на підприємствах пройшли обов'язковий огляд.

Крани в цілому і їх окремі елементи зазнали статистичним випробуванням, при навантаженні на 25% перевищуючу номінальну вантажопідйомність механізму.

Знімні вантажопідйомні засоби (стропи, кліщі, ланцюги й траверси) випробували навантаженням на 25% перевищуючої їхню номінальну вантажопідйомність.

Лебідк ма, що самотормозящиеся тал обладнан червячної передачею, що домкрати випробувані навантаженням на 10% перевищуючої номінальну вантажопідйомність.

Забезпечення безпечної експлуатації посудин працюючих під тиском.

Усі балони пройшли спочатку гідравлічне випробування пробним тиском, а потім пневматичне випробування робочим тиском із зануренням балона у воду для виявлення можливого витіку.

Запобіжні клапани по кількості, розмірі й пропускної здатності підібрані так, щоб тиск у посудині зміг перевищити робоче на 15% для посудин з тиском від 0,9 до 6 мпа [16].

8.3 Пожежна безпека

Пожежі на автомобільному підприємстві становлять більшу небезпеку для працюючих і можуть заподіяти величезний матеріальний збиток.

Пожежна безпека на даному підприємстві забезпечена заходами пожежного захисту.

Поняття пожежної профілактики включає в собі комплекс заходів, необхідних для попередження виникнення пожежі або зменшенню його наслідків.

Під активним пожежним захистом розуміються заходи, що забезпечують успішну боротьбу з виникаючими пожежами й вибухонебезпечною ситуацією.

Заходу щодо пожежної профілактики розділяються на:

- організаційні,
- технічні,
- режимні,
- експлуатаційні.

Організаційні заходи передбачають правильну експлуатацію машин і внутрішньозаводського транспорту, правильний зміст будинків і територій, протипожежний інструктаж робітників.

До технічних ставляться дотримання протипожежних правил, правил розміщення встаткування.

Заходу режимного характеру – це заборона паління в невстановлених місцях, проведення зварювальних робіт у пожежонебезпечних приміщеннях.

Експлуатаційними є заходи щодо ремонту й випробуванню технічного встаткування, своєчасних профілактичних оглядів.

Профілактичні заходи для підвищення пожежної безпеки прийняті на даному підприємстві:

- підвищена вогнестійкість будинків і споруджень,
- проведене зонування території,
- для попередження поширення пожежі з один будинок на інше,
- між будинками влаштовані протипожежні розриви,
- протипожежні перешкоди й перекриття,
- вентиляційні установки оснащені вогнеобмежувачі, швидкодіючими заслінками, відсікачами, водними завісами,

- підприємство оснащено пересувними апаратами пожежогасіння, автоматичними стаціонарними установками пожежогасінь і вогнегасниками,
- для громозахисту використовується стрижнева система.

Автоматичні системи об'ємного пожежогасіння дозволяють безпосередньо впливати на пожежу в самому його зародженні й у такий спосіб уникати поширення полум'я й відповідно більшого збитку від пожежі. Працюють на принципі ручного, електричного й пневматичного пуску. Системи пожежогасіння можуть бути водяні, порошкові й газові.

Апарати пожежогасіння підрозділяють на пересувні (пожежні автомашины), стаціонарні установки й вогнегасники (ручні до 10 л і пересувні й стаціонарні обсягом вище 25 л).

Вогнегасники по виду вогнегасних засобів підрозділяються на рідинні, вуглекислотні, повітряно-пінні, порошкові й комбіновані. У рідинних вогнегасниках застосовують воду з добавками (для поліпшення змивання, зниження температури замерзання і т.д.), у вуглекислотних - зріджений двоокис вуглецю, у хімпінних - водяні розчини кислот і лугів, у порошкових - порошки ПС, ПСБ-3, ПФ і т.д. Вогнегасниками маркіруються буквами, що характеризують вид вогнегасника по розряду, і цифрою, що позначає його місткість (обсяг).

8.4 Охорона навколишнього середовища

Фактори, що шкідливо впливають на навколишнє середовище можливі на проєктованому підприємстві:

- викиди в атмосферу шкідливих і отруйних речовин (свинець, марганець, озон, хлор, пар соляної кислоти, аміак, фосген газів, що відробили, ацетон, пар бензину й ін.);
- влучення в ґрунт і ґрунтові води шкідливих і отруйних речовин (неочищених стічних вод, нафтопродуктів, кислот, лугів і ін.).

Таблиця 8.1 – Шкідливі, небезпечні, пожежонебезпечні фактори, що несприятливо впливають на людину й навколишнє середовище заходу щодо забезпечення захисту від них на проектованому підприємстві

№	Фактори	Заходи
1	2	3
1	Металевий пил	Удосконалювання технологічних процесів (пилеутворюючі речовини роблять вологими). Автоматизація техпроцесу. Застосування місцевої вентиляції. Індивідуальні засоби захисту.
2	Вібрація	Дистанційне керування. Віброізоляція (фундамент верстатів зведений на пружних прокладках, віброізольюючі опори).
3	Шум	Засобу індивідуального захисту. Дистанційне керування будівельно- акустичні заходи.
4	Електричний струм	Заземлення. Ізоляція. Гумові килимки. Огородження й блокування.
5	Механізми, що рухаються машини й	Світлофори, розмітка шляхів. Сигнальні пристрої. Різні огороження.
6	Шкідливі речовини	Застосування ефективної системи вентиляції, системи фільтрів, кондиціонерів, індивідуальних засобів захисту.
7	Недостатнє висвітлення	Використання сполученого висвітлення (природнього й штучного). Дотримання всіх норм по освітленості.
8	Пожежа	Використання ефективної системи пожежогасіння й попередження пожеж.
9	Іонізуюче випромінювання	Використання стаціонарних і пересувних захисних екранів. Дотримання заходів безпеки.
10	Поразка блискавкою	Використання систем громозахисту
11	Поразка від розриву знімних вантажопідйомних засобів	Дотримання техніки безпеки. Періодичні випробування ПТМ
12	Поразка від витoku з посудин працюючих під тиском	Проведення своєчасного огляду й випробувань. Дотримання техніки безпеки.

Заходу, початі на проектованому підприємстві, для зниження небезпечних факторів:

- застосування технологічних процесів і встаткування, що знижують утвір шкідливих речовин;
- заміна токсичних речовин на нетоксичні;

- застосована надійна герметизація встаткування, у якому перебувають шкідливі речовини;
 - оснащення підприємства ефективною системою вентиляції;
 - застосування запалі й туманоутворювачі;
 - зберігання шкідливих і отруйних речовин у спеціалізованих, захищених приміщеннях;
 - застосування механічних, хімічних і біологічних систем очищення стічних вод;
- застосування відстійників, нафтопасток, гідроциклонів, флотационних установок.

8.5 Розрахунки контуру заземлення

Захисне заземлення повинне забезпечувати усунення небезпеки поразки електричним струмом у випадку дотику людей до неструмоведучих металевих частин устаткування, коли вони через несправності електроустановок виявляться під напругою.

Розрахунки захисного заземлення проводиться в наступному порядку:

Визначаємо нормовану величину опору заземлюючого пристрою R_H .
Ухвалюємо $R_H = 4$ Ом.

Питомий опір ґрунту, у якому встановлюються заземлювачі, визначається по формулі:

$$\rho_{расч} = \psi \cdot \rho, \quad (8.1)$$

де ψ – коефіцієнт, що враховує кліматичні умови, $\psi = 1,4 \div 2,0$.

Ухвалюємо $\psi = 1,4$);

ρ – обмірюваний питомий опір ґрунту, ухвалюємо ґрунт – глину, для глини $\rho = 0,5 \cdot 10^2$ Ом·м.

$$\rho_{расч} = 1,6 \cdot 0,5 \cdot 10^2 = 0,8 \cdot 10^2 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Для контуру заземлення вибираємо штучний заземлювач – трубу $\varnothing 50$ мм, довжиною $l=3$ м, товщина стінки 5 мм. Поглиблення труби в ґрунт на $t=2$ м.

Смуга зв'язку – сталевая, ширина смуги $b = 40$ мм.

Розраховуємо опір одиночного заземлювача R_0 по формулі:

$$R_0 = \frac{\rho_{расч}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{r_0} + \frac{l}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot l + 7 \cdot t}{l + 7 \cdot t} \right), \quad (8.2)$$

$$R_0 = \frac{0.8 \cdot 10^2}{2 \cdot 3.14 \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0.025} + \frac{3}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 3 + 7 \cdot 2}{3 + 7 \cdot 2} \right) = 26 \text{ Ом}.$$

Орієнтовне число одиночних заземлювачів визначається по формулі

$$n = \frac{R_0}{R_n \cdot \eta_0}, \quad (8.3)$$

$$n = \frac{26}{4 \cdot 2} = 3.25.$$

Слід побрати 4 труби, щоб виконати умова $R_0 < R_n$.

Труби розташовуємо в ряд з інтервалом 3 м, тоді відношення відстані між заземлювачами до їхньої довжини $a = a/l = 3/3 = 1$. При цьому коефіцієнт використання заземлювачів $\eta_i = 0,85$.

Опір вертикальних заземлювачів, які становлять контур, визначається по формулі

$$R_g = \frac{R_n}{n \cdot \eta_0} \quad (8.4)$$

$$R_g = \frac{26}{4 \cdot 0.85} = 7.6 \text{ Ом}.$$

Коефіцієнт використання сполучної смуги при $n = 4$, $a/l = 1$ становить 0,77. Довжина смуги зв'язки для 4 труб, розташованих з інтервалом 3м становить $L = 9$ м

Опір смуги визначається по формулі

$$R_n = \frac{\rho_{расч}}{\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{1.5 \cdot L}{\sqrt{b \cdot t}}, \quad (8.5)$$

$$R_n = \frac{0.8 \cdot 10^2}{3.14 \cdot 9} \cdot \ln \frac{1.5 \cdot 9}{\sqrt{0.04} \cdot 2} = 9.9 \text{ Ом}.$$

Опір сполучних смуг з урахуванням коефіцієнта використання, визначається по формулі

$$R_{nu} = \frac{R_n}{\eta_n}, \quad (8.6)$$

$$R_{nu} = \frac{9.9}{0.77} = 12.86 \text{ Ом}.$$

Загальний опір контуру визначається зі співвідношення:

$$R_o = \frac{R_g \cdot R_n}{R_g + R_n}, \quad (8.7)$$

$$R_o = \frac{7.6 \cdot 9.9}{7.6 + 9.9} = 4.3 \text{ Ом}.$$

Опір заземлюючого пристрою для установок менш 1000 У и потужність менш 100 кВа не повинне перевищувати 10 Ом, а для електроустановок напругою більш 100 кВа – 4 Ом. У цьому випадку потужність споживача менш 100 кВа, отже, розрахований загальний опір контуру відповідає вимогам СН 102-76.

9 ЕКОЛОГІЯ

9.1 Актуальність проблем екології в охороні навколишнього середовища

З початком епохи науково-технічного прогресу виникли корінні зміни в техніці і технології виробництва. Впровадження в промисловість нових, більш ефективних технологічних процесів, різке підвищення продуктивності і розширення масштабів виробництва потребували відповідного збільшення затрат матеріальних і енергетичних ресурсів, що, в свою чергу, привело до багатократного збільшення виробничих відходів. В технології виробництва пройшли глибокі якісні зсуви. В додаток до механічних методів обробки за декілька останніх десятиліть додалися різноманітні фізичні, хімічні та біологічні методи дії на речовини.

До порівняно недавнього часу питання про забруднення навколишнього середовища відходами виробництва практично не піднімалися, враховуючи колосальну самоочищувальну здатність природи. На жаль, самоочищувальна здатність природи не безмежна. Тепер інтенсивний розвиток промисловості і транспорту у всіх технічно розвинених країнах світу приводить до неперервного збільшення викидів забруднень в атмосферу і гідросферу і відповідно до прогресуючого накопичення великої кількості відходів. Біосфера поступово руйнується – отруюється повітряний басейн і водойми, знищуються флора і фауна.

Тому піднімається питання про необхідність різко посилити боротьбу з забрудненнями біосфери. Лише постійна систематична робота, направлена на підтримання гармонії між розвитком суспільства і навколишнього середовища, зможе забезпечити в теперішньому і майбутньому задовільний стан навколишнього середовища.

Машинобудівні підприємства в значній мірі забруднюють навколишнє середовище відходами виробництва, які виникають при виготовленні готової продукції в результаті переробки природних ресурсів - палива, матеріалів, повітря, води і т. д.

Отже, основною задачею охорони навколишнього середовища є ефективне використання природних ресурсів в процесі виробництва, утилізація відходів та розробка технологічних процесів виробництва, які б значно зменшували шкідливі відходи.

9.2 Забруднення довкілля, що виникає в результаті реалізації дипломного проекту

Машинобудівні підприємства значно забруднюють навколишнє середовище таким чином:

- промислові викиди в атмосферу;
- промислові стічні води;
- промислові тверді відходи;
- промислові шуми і вібрації.

В атмосферу викидається пил, гази, а при роботі на металооброблювальному обладнанні з застосуванням змащувально-охолоджувальних рідин (емульсій, масел) повітря забруднюється аерозолями цих речовин. При виконанні чистових операцій механічної обробки (хонінгування, суперфінішу, доведення) в повітря попадають випари керосину, а також аерозолі поверхнево-активних речовин. Обробка в суху абразивними інструментами (шліфувальними кругами, полірувальними кругами, стрічками) супроводжується виділенням абразивного пилу.

Шкідливі для здоров'я людей забруднення надходять в атмосферу при зварюванні. Зварка супроводжується виділенням парів окису заліза і цинку, аерозолями марганцю, кремнію і міді, фторидів, озону, окисів азоту.

В машинобудуванні використовується вода, яка потім надходить в басейни рік, озер. Лише 53 % стічних вод піддаються очистці, а в багатьох випадках води містять токсичні речовини, які представляють небезпеку для водойм.

Основними видами забруднень стічних вод на машинобудівних підприємствах є механічні частинки – окалина, металічна стружка, пил, флюси, мінеральні масла. Тверді частинки, головним чином механічного походження, попадають в стічні води з механічних і інших цехів. Масова концентрація частинок може досягати 3000 мг/л. Забруднення стічних вод мінеральними маслами проходить в процесі термообробки, знежирення деталей, обробки тиском і різанням, а також за рахунок протікання систем змащування.

Тверді відходи машинобудівних підприємств мають обмежену номенклатуру і в основному постійні за складом. Це значна кількість різного пилю, стружка, окалина, картон і папір. Дані відходи частково утилізують, але в основному вивозять на звалища.

Технологічні процеси, що використовуються на машинобудівних підприємствах, супроводжуються інтенсивним шумом. В більшості випадків рівні звукового тиску на робочих місцях перевищують допустимі. Технологічне обладнання, що застосовується і механізований інструмент створюють сильні вібрації.

Отже, процес виробництва на підприємстві забруднює навколишнє середовище: атмосферу, воду і т. п. Для часткового зменшення забруднення необхідно передбачати спеціальні очисні пристрої та для його запобігання необхідно передбачати спеціальні заходи.

9.3 Заходи по зменшенню забруднення довкілля

В теперішній час очищення забрудненого повітря від викидних газів, які утворюються при технологічних процесах і викидаються в атмосферу, від отруйних речовин, які в них містяться, рідких і газоподібних домішок являється основним способом охорони повітряного басейну від забруднення, що виникає в усіх випадках, коли використання активних методів поки неможливе або економічно не вигідне. Задача промислового газоочищення полягає у вилученні або нейтралізації шкідливих речовин з організованих газових викидів від стаціонарних джерел.

Першим етапом очищення викидів в атмосферу є вловлювання аерозолей і газоподібних домішок із забрудненого повітря і газів. Для цього

використовують установки для затримання пилу і газів, які ставлять в зручних місцях або безпосередньо в джерелі виділення забруднень. Така установка складається з наступних елементів: вловлюючого або пилегазоприймального пристрою, який може включати один або групу приймачів; мережі трубопроводів; вентилятора, який висмоктує запилене або загазоване повітря по трубопроводах до пиле- чи газоочисної установки.

Найкращим рішенням задачі вловлювання пилу і газів є повне укриття джерела їх виділення кожухом, який з'єднаний з аспіраційним трубопроводом і забезпечує практично повну герметичність. Цим гарантується висока ефективність вловлювання пилу і газів при роботі системи з мінімальним розходом повітря. Таке рішення використано у витяжних шафах. Тоді, коли шкідливі речовини знаходяться в повітряному потоці, для їх локалізації і видалення необхідно застосовувати витяжні зонти та інші аспіраційні пристрої, які висмоктують запилене і забруднене середовище з невеликою кількістю незабрудненого повітря. Застосовують також повітряні завіси, які зупиняють поширення забрудненого повітря за межі зони дії пилеприймача і направляють його в пилепотік. При механічній обробці доцільно використовувати інструменти, які одночасно служать стружкоприймачами, через які відходи висмоктуються з зони різання.

Всі процеси видалення з газів взвішаних частинок включають, як правило, дві операції:

- перша – це осадження частинок пилу чи крапель рідини на сухих чи змочених поверхнях;
- друга – видалення осадку з поверхонь осадження і далі з газового простору в цілому.

Для осадження великих і важких частин пилу використовується гравітаційна сепарація в пилеосаджувальних камерах. Площа поперечного січення камери значно більша площі поперечного січення газоходу, внаслідок чого швидкість руху газів в камері різко знижується. В таких умовах пил під дією сили тяжіння випадає з газу на дно камери. Також використовуються інерційні пилевловлювачі, центробіжні, циклони, ротоклони. Для очищення технологічних і вентиляційних газів від дрібнодисперсного пилу широко застосовують скруббери Вентурі (коагуляційні мокрі пилевловлювачі).

Процес фільтрації газів з метою очищення полягає в пропусканні газів через те чи інше тверде пористе середовище, яке утворюється з ниток, волокон, зерен і самого осадженого пилу, матерчатих рукавних фільтрів, волокнистих шарів, набивок, матів, керамічних і металокерамічних перегородок, насадок з зернистого матеріалу. Процес здійснюється за допомогою різного роду фільтрів контактної дії, в яких проходить осадження частинок в результаті дії інерційних і гравітаційних сил, теплового руху газових молекул і деяких інших фізичних явищ.

Для очищення стічних вод машинобудівних підприємств в наш час використовують головним чином:

- механічні методи (проціджування, відстоювання, фільтрування);
- хімічні (нейтралізація, коагуляція, флокуляція);
- фізико-хімічні (флотація, електрохімічні методи);
- комбіновані.

Для попереднього видалення плаваючих крупних або волокнистих забруднень застосовують проціджування через решітки і сита, пісковловлювачі.

Швидкість вилучення з стічних вод взвішаних твердих частин може бути збільшена дією центробіжних сил. Найбільш простими центробіжними очисними апаратами є гідроциклони, які є напірні та відкриті. При освітленні стічних вод, які містять абразивні домішки, застосовують напірні гідроциклони з внутрішньою поверхнею зі зносостійким кам'яним литтям.

Для видалення високодисперсних мінеральних домішок і легких органічних частинок застосовують відстійники і масловловлювачі. Конструкції застосовуваних в промисловості відстійників є різні. Найбільш поширені горизонтальні відстійники, в яких частинки, осідаючи на дно чи вспливаючи, рухаються горизонтально разом з освітлювальною водою. Застосовуються також радіальні відстійники, метод флотації, фільтрування через шар зернистого чи пористого матеріалу (найчастіше кварцового піску).

Для фільтрування стічних вод, забруднених мінеральними маслами, мазутами і частинками, застосовують в якості фільтра кварцову крихту, а також фільтруючі матеріали (антрацій, керамзит, горілу породу). Фільтри повинні піддаватись промивці водою, направленою в зворотньому напрямку руху

фільтруючої рідини. Для видалення менших частинок застосовують реагентну обробку з допомогою коагулянтів, флокулянтів, десорбцію і віддування.

Як уже відмічалось, очищення викидів в атмосферу і стічні води є вимушеним заходом, обумовленим недосконалістю технологічних процесів, що застосовуються на виробництві. Тому найбільш ефективний шлях рішення економічних проблем виробництва – комплексне вдосконалення технології в напрямку мінімізації шкідливих відходів і широке впровадження екотехнологічних процесів. В ливарному виробництві бажано застосовувати швидкотвердіючі формувальні суміші, чим скорочується пилевиділення. Значні втрати металу виникають в процесі нагріву металу – це окалина. Ефективним способом боротьби з утворенням окалини є нагрів заготовки у захисному безокислювальному середовищі, а також контактний та індукційний нагрів.

В галузі обробки металів на шліфувальних і заточних операціях перспективно застосовувати алмазно-абразивний інструмент і круги з нового синтетичного матеріалу – ельбору, що дозволяє зменшити кількість абразивних відходів і збільшує терміни заміни змащувально-охолоджувальних рідин, які містять шкідливі речовини.

Зменшенню забруднення повітряного басейну сприяє вдосконалення методів фарбування машин. Широко застосовують спосіб фарбування в електростатичному полі, який зводить до мінімуму втрати фарби і підвищує санітарно-гігієнічні показники процесу. Лакофарбові матеріали, які містять органічні розчинники, замінюють водорозчинними матеріалами.

Велика кількість води, яку споживає машинобудівне підприємство, витрачається на охолодження установок, матеріалів, продукції. Замінивши водяне охолодження повітряним, досягнемо значного скорочення використання води і її забруднення.

Зменшити забруднення навколишнього середовища можна за рахунок мінімізації металічних відходів за рахунок проведення комплексу конструкторських, технологічних, організаційних заходів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано основні дефекти кришки кожуха напіввісі та шкворня поворотного кулака, а також причини їх виникнення. Встановлено, що найбільш характерними дефектами кришки кожуха напіввісі є: тріщини, деформація або обломлення кришки, а найбільш характерними дефектами шкворня поворотного кулака є: зношення бронзових втулок, посадочних місць під підшипники, тріщини, обломи.

2. Розроблено та удосконалено технологічний процес відновлення кришки кожуха напіввісі та шкворня поворотного кулака автомобілів МАЗ в умовах авторемонтного виробництва.

3. Розроблено конструкцію необхідного пристосування, що використовується для закріплення кришки кожуха напіввісі при механічній обробці – розточуванні отвору після напилення.

4. Розроблено заходи щодо забезпечення техніки безпеки на ділянці, зроблені розрахунки шуму виробничого цеху та розрахунок діаметра дифлектора вентиляції приміщення.

5. Розраховано економічний ефект від впровадження вдосконаленого технологічного процесу й організації робіт на авторемонтному виробництві, що підтверджує можливість застосувати отримані результати. Рентабельність капіталовкладень склала 22%.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Шадричев В.А. Основы технологии автостроения и ремонт автомобилей. – М: Машиностроение, 1976. – 560 с.
2. Вишняков Н.Н, Вахламов В.К. и др. Автомобиль: основы конструкции. Учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». – М: Машиностроение, 1986. – 304с.
3. Есенберлин Р.Е. Капитальный ремонт автомобилей. – М.: Транспорт, 1989. – 343 с.
4. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов. – 2-е изд. Испр. и доп. / А.И.Акулов, В.П.Алехин, С.И.Ермаков и др./ Под ред. А.И.Акулова.- М.:Машиностроение, 2003.-560с.
5. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление / Пер.с яп.В.Н. Попова. Под ред. В.С. Степина,Н.Г. Шестернева.М.: Машиностроение,1985.-240с.
6. Износостойкость сплавов, восстановление и упрочнение деталей машин / Под общей ред. В.С.Попова.- Изд. ОАО Мотор Сич.-Запорожье,2006.-420с.
7. Грохольский, Н.Ф. Восстановление деталей машин и механизмов сваркой и наплавкой. - М. : Машиностроение.-1966.-275 с.
8. Лещинский Л.К., Самогутин С.С. Слоистые наплавленные и упрочненные композиции. - Мариуполь: ООО "Типография Новый мир", 2005. - 392 с.
9. Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. М.: Машиностроение, 1987.
10. Гусенков А.П. и др. Методы и средства упрочнения поверхностей деталей машин концентрированными потоками энергии. М.: Наука, 1992.
11. Фролов К.В. Современная трибология: Итоги и перспективы [под ред. Фролова К.В.] - М.: Издательство ЛКИ, 2008.
12. Справочник технолога авторемонтного производства. Под ред. Малышева Г.А., – М.: Транспорт, 1977. – 432 с.

13. Справочник технолога-машиностроителя: 2 Т /Под ред. Г.А.Косиловой и Р.К.Мещерякова – М.: Машиностроение, 1985,Т2. – 496 с.
14. Силантьева Н.А., Малиновский В.Р. Техническое нормирование труда в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.
15. Горохов В.А. Проектирование и расчет приспособлений: Учебное пособие.- Минск: Высшая школа, 1986.- 237 с.