

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ, ТРАНСПОРТУ ТА АРХІТЕКТУРИ
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства


Пояснювальна записка до дипломної роботи

магістра
Освітньо-кваліфікаційний рівень

Напрямок підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство»
Освітньо-професійна програма Відновлення та технічний сервіс
автомобілів»

на тему: «Розробка технології зміцнення поверхонь деталей
за рахунок нанесення зносостійкого покриття»

Шифр **MPTAM 2322381. 000 ПЗ**

Виконав: студент 2-го курсу, група МТВАмз 22-1  Ю.В. Оржеховський
інженер, практик

Керівник к.т.н., доц. каф. ТАМ.


Підпис

О.П. Бабак
інженер, практик

До захисту допускаю:

Зав. кафедри ТАМ д.т.н., проф.


Підпис

О.В. Диха
інженер, практик

7 12 2023 р.

Хмельницький, 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *інженерії, транспорту та архітектури*

Кафедра *трибології, автомобілів та матеріалознавства*

Звітньо-кваліфікаційний рівень *магістр*

Напрямок підготовки (спеціальність) *132 «Матеріалознавство»*

Звітньо-професійна програма *Відновлення та технічний сервіс автомобілів»*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри *TAM*

проф., д.т.н. Діха О.В.

21 жовтня 2023 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Оржеховському Юрію Володимировичу

Приним, ін ж, по батькові

Тема проекту (роботи)

розробка технології зміцнення поверхонь деталей за рахунок нанесення зносостійкого покриття

Рівень проекту (роботи) *Бабак Олег Петрович к.т.н., доцент*

Приним, ін ж, по батькові, науковий ступінь, місце занять

Затверджено наказом університету від *15 серпня 2023р. № 28 (Д30)*

Строк подання студентом проекту на кафедру *10 грудня 2023 року*

Вихідні дані до проекту (роботи) *Матеріали практики; робочі креслення зліджуваних деталей; нормативно – технологічна документація по розбиранню, ефектації, складанню і регулюванню вузла тертя; вимоги з охорони праці і безпеки зботи при виконанні ремонтних робіт; техніко – економічні показники роботи підприємства.*

Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Аналіз вихідних даних і відомих технічних рішень; 2 Розробка процесу; 3 Опис зботи конструкції штампу визначення умов роботи та виходу з ладу; 4 Безпека та ологічність проекту; 5 Організаційно-технічні і економічні розрахунки

Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на айдах

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання _----

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1	<i>Літературний огляд</i>	<i>30.09.2023</i>	
2	<i>Технологічний розділ</i>	<i>25.10.2023</i>	
3	<i>Дослідницький розділ</i>	<i>15.11.2023</i>	
4	<i>Оформлення розрахунково-пояснювальної записки</i>	<i>22.11.2023</i>	
5	<i>Оформлення презентації магістерської роботи</i>	<i>1.12.2023</i>	
6	<i>Нормоконтроль магістерської роботи</i>	<i>5.12.2023</i>	
7	<i>Підписання розділів. Затвердження дати захисту</i>	<i>10.12.2023</i>	

Студент


Підпис

Керівник проекту (роботи)


Підпис

Оржеховський Ю.В.
Підпис, прізвище

Бабак О.П.
Підпис, прізвище

Реферат

Робота на тему: «Розробка технології зміцнення поверхонь деталей за рахунок нанесення зносостійкого покриття»

Обсяг пояснювальної записки – 82 сторінок, кількість рисунків - 30, таблиць - 21, додатків, кількість джерел згідно із переліком посилань - 22.

Метою підсумкової кваліфікаційної роботи є економія матеріальних ресурсів за рахунок посилення і збільшення ресурсу інструменту.

Для досягнення поставленої мети роботи були вирішені наступні завдання:

- обраний спосіб загартовування;

- для обраного методу гартування підібрані технологічні режими;

- розроблено технологічний процес, заснований на запропонованому способі загартовування;

- відпрацьовано захист виробничого персоналу та навколишнього середовища від небезпечних і шкідливих факторів;

- обґрунтовано запропоновані рішення з точки зору економічних розрахунків.

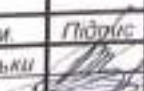



Пояснювальна записка містить 53 сторінки, 10 рисунків, 13 таблиць.

Проведено аналіз експлуатаційних факторів, що діють на інструмент у процесі його експлуатації. Проаналізовано зварюваність сталей, що використовуються для виготовлення ріжучого та штампувального інструменту. Проведено аналіз основного технологічного процесу, виявлено недоліки базової технології, такі як низький ступінь гартування та необхідність подальшої механічної обробки. Розроблено технологічний процес гартування методом фінішно-плазмового гартування. Обладнання підібрано. З метою захисту персоналу дільниці від шкідливих факторів під час проведення операцій остаточного плазмового гартування пропонуються відповідні технічні та організаційні заходи.

Перелік ключових слів: ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ, ЗНОСОСТІЙКЕ ПОКРИТТЯ, ПЛАЗМОВЕ ГАРТУВАННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ФАКТОРИ, ВИГОТОВЛЕННЯ РІЖУЧОГО ТА ШТАМПУВАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Аналіз вихідних даних і відомих технічних рішень.....	7
1.1 Опис інструменту та умови його експлуатації.....	7
1.2 Використовувана технологія гартування інструменту.....	12
1.3 Цілі роботи.....	13
2 Розробка процесу.....	15
2.1 Обґрунтування методу зварювання замість використовуваного.....	15
2.2. Розроблена технологія поверхневого зміцнення.....	18
3 Опис роботи конструкції штампу визначення умов роботи та виходу з ладу..	23
3.1 Опис вузлів тертя штампу.....	26
3.2 Загальна характеристика методів виготовлення деталей пар тертя..	31
3.3 Характеристика системи змащення деталей пари тертя.....	33
3.4 Аналіз причин виходу з ладу деталей вузла тертя.....	34
3.4.1 Види відмов деталей пари тертя та вузла в цілому.....	34
3.4.2 Оцінка ступеня зношування пари тертя.....	35
3.5 Оцінка умов роботи вузла тертя та окремих деталей.....	38
3.5.1 Розробка розрахункової схеми.....	38
3.5.2 Аналіз рухів та розрахунок параметрів.....	39
3.5.3 Розрахунок сил.....	40
3.5.4 Розрахунок тиску.....	42
3.5.5 Розрахунки шляхів тертя, температури та швидкості.....	44
3.5.6 Аналіз умов мащення.....	47
3.6 Розрахунки зносу вузла тертя.....	48
3.7 Прилади для контролю твердості термічно оброблених деталей.....	51
3.8 Вимірювання твердості зразків.....	57

MP TAM 23.22381. 000 ПЗ				
Змн	Арх	№ докум.	Гідоліс	Дат
Розроб		Оржеховський		
Перевір.		Бабак		
Реценз.				
Н. Контроль		Маковкін		
Затверд.		Діха		
<i>Розробка технології зміцнення поверхонь деталей за рахунок нанесення зносостійкого покриття</i>				
		Лист	Арх	Архивна
		4	4	82
ХНУ група МТВАмз 22-1				

4	Безпека та екологічність проекту.....	61
4.1	Технологічні характеристики об'єкта.....	61
4.2	Систематизація професійних ризиків.....	63
4.3	Методи і засоби зниження професійних ризиків.....	65
4.4	Забезпечення пожежної безпеки на виробничому майданчику.....	67
4.5	Екологічна безпека розробленого технічного об'єкта.....	69
5	Організаційно-технічні і економічні розрахунки.....	72
5.1	Проектування ділянки для ремонту, відновлення та підвищення зносостійкості.....	72
5.1.1	Розрахунок кількості обладнання.....	72
5.1.2	Визначення виробничої площі	74
5.1.3	Вибір транспортних засобів.....	75
5.1.4	Розрахунок кількості робітників	75
5.1.5	Проектування ділянки ремонту.....	77
	Висновок.....	78
	Література.....	80
	Додатки.....	82

Вступ

Інструментальні сталі працюють при значних механічних навантаженнях. Коли матеріали обробляються різанням, нові поверхні утворюються за рахунок видалення частини матеріалу. При обробці штампом оброблювані заготовки деформуються внаслідок механічної дії матриці. Штампування ділиться на гаряче і холодне. У той же час штампи можуть бути штампуєчими, згинальними, ріжучими, формувальними і згинальними штампами відповідно до їх впливу на оброблюваний матеріал [8].

При розкрії заготовку поділяють на окремі частини. При штампуванні з металевого листа виходять замкнуті деталі. Формування характеризується тим, що окремі ділянки заготовки змінюють свою форму. Гнуття передбачає згинання пластини в одній площині або в декількох площинах.

Однією з проблемних частин при нанесенні зміцнюючих покриттів на інструменти є розтріскування в місцях нанесення наплавлювальних покриттів. Зварювальний метал є концентратором напружень, його міцнісні властивості можуть значно відрізнятись в гіршу сторону від основного металу. Особливо яскраво це проявляється в покриттях, виготовлених за допомогою ручного дугового зварювання. Цю обставину слід враховувати при побудові технології ремонту металоконструкцій вантажопідйомного обладнання із застосуванням зварювальних технологій.

Матриці можуть бути встановлені відповідним чином на кривошипно-шатунних або гідравлічних пресах.

Існує ряд технологій гартування для підвищення ефективності інструменту в штампах і механічній обробці.

Таким чином, метою підсумкової кваліфікаційної роботи є економія матеріальних ресурсів за рахунок посилення і збільшення ресурсу інструменту.

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Аналіз вихідних даних і відомих технічних рішень

1.1 Опис інструменту та умови його експлуатації

Інструмент використовується як при штампуванні, так і при механічній обробці. Штмп являє собою досить складну конструкцію, рис. 1.

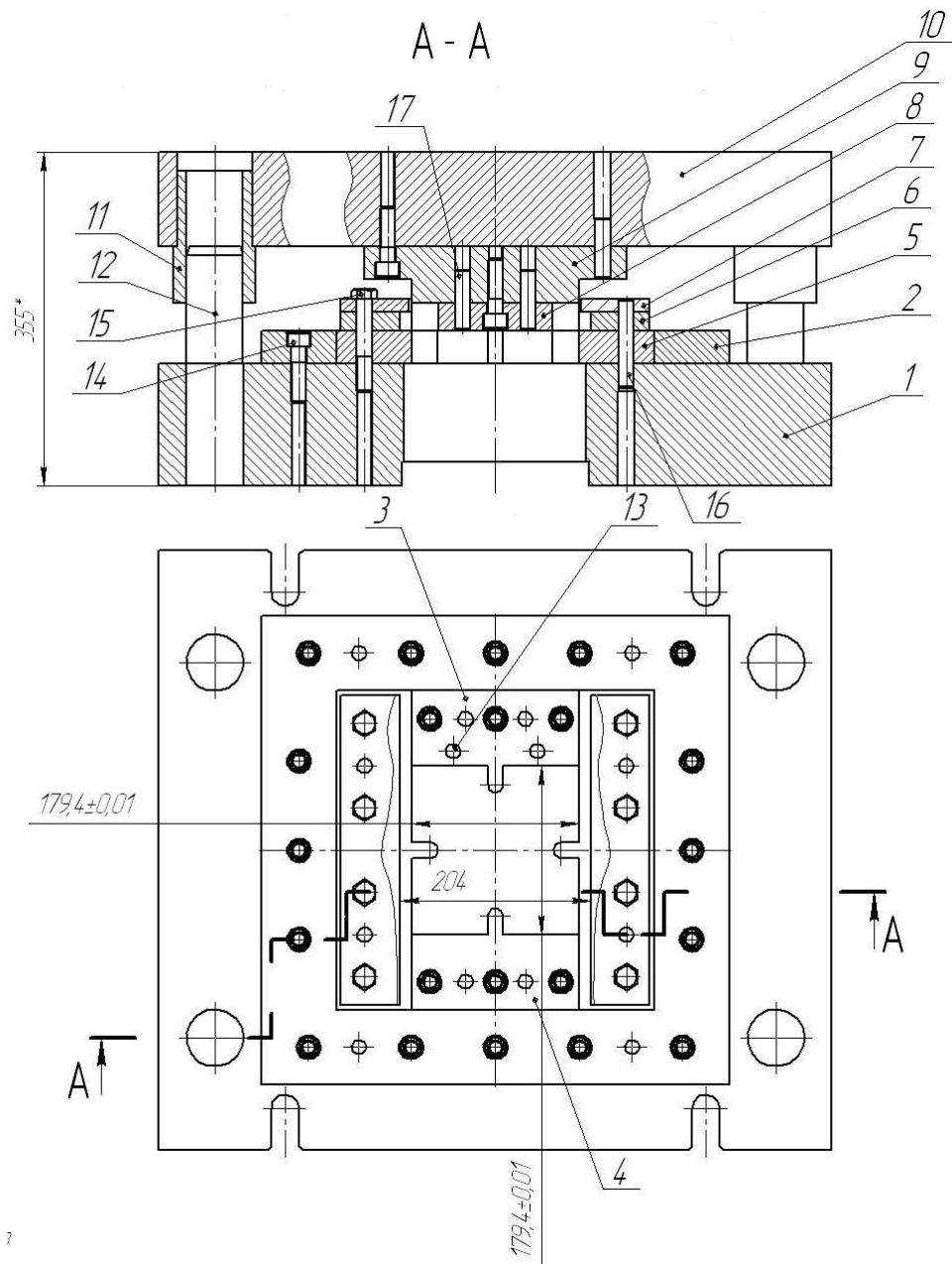


Рисунок 1 – Загальний вигляд штампа

Матриця, показана на рис. 1, включає в себе наступні частини: позиція 1 –

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

пластина, положення 2 – тримач матриці, позиції 3, 4, 5.

Вказуються напівматриці, положення 6 вказує на направляючу, положення 7 - на знімач, положення 8 на рисунку вказує на пуансон, положення 9 - на тримач пуансона, положення 10 - на верхню пластину, 11 - на втулку, 12 - на колонку, 13 - на упор. Крім того, в комплект входять стандартні вироби. 14 – гвинт М16, 15 – болт М16, 16 – 16x95 штифт, 17 – 16x65 штифт [8].

Ріжучий інструмент конструктивно простіше. Це або окрема деталь, виготовлена з інструментальних сталей. Інструментальні сталі виробляються відповідно до ДСТУ 1435-99. У категорію цих сталей входять марки У7; У8; У8Г; У9; У10; У11; У12; У7А; У8А; У8ГА; У9А; У10А; У11А; У12А. Загальна вимога полягає в тому, щоб вони містили більше 0,7% вуглецю. Також однією деталлю є інструмент, виготовлений з швидкорізальних сталей. Швидкорізальні сталі, Р6М5, Р6М5Ф2К8, Р9М4К8. Крім високого вмісту вуглецю, ці сталі містять такі легуючі компоненти, як хром, вольфрам, молібден. Сталь Р6М5Ф2К8 також містить кобальт в кількості 8%.

Однак в деяких випадках навіть ці матеріали не можуть забезпечити належну ступінь продуктивності і обробити деякі матеріали. Тому використовується складний ріжучий інструмент [4]. На основу, виготовлену з досить міцної сталі, напаяні тврдосплавні пластини. До складу таких сплавів входить суміш зерен карбідів, нітридів, карбонітридів тугоплавких металів. Все разом пов'язано, як правило, кобальтовим зв'язком. Кобальт є незамінним компонентом в таких сплавах [7].

Пластини, припаяні до міцної сталевий основи, показані на рисунку 2. Справа вгорі на рисунку показана вставка для нарізування різьблення, під нею пластина для наскрізного різця, а зліва - вставки для відрізних різців [5].

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2 – Металокерамічні вставки для різців

Також використовується композитний ріжучий інструмент з механічною вставною насадкою, рис. 3.

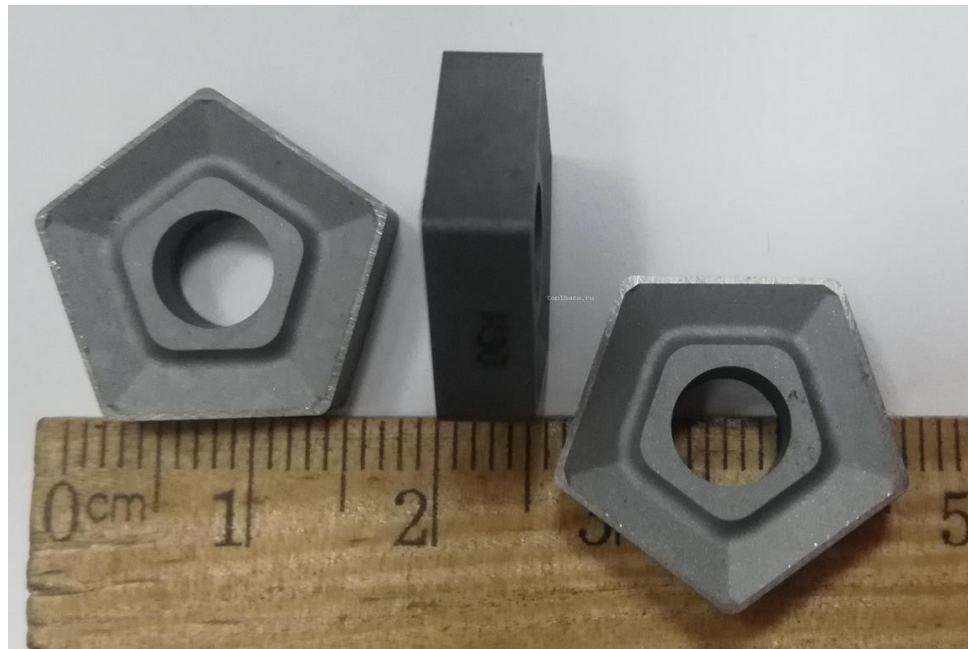


Рисунок 3 – Твердосплавні пластини для механічного кріплення

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

з'єднання в даних умовах експлуатації одним способом, за допомогою іншого методу можна отримати з'єднання, успішно експлуатується в цих умовах [1]. Положення зварного з'єднання на металевій конструкції може бути таким, що його необхідні експлуатаційні характеристики не можуть бути досягнуті одним способом зварювання, але іншим способом зварювання ми отримуємо виріб, досить функціональний в даних умовах [2].

Розглянемо все це докладніше. Наприклад, дифузійне зварювання у вакуумі можна використовувати для з'єднання найфантастичніших комбінацій матеріалів. Однак цей метод вимагає дорогого обладнання, високої культури виробництва і застосовний для отримання унікальних продуктів. Зварювання плавленням набуло більшого поширення в промисловості завдяки мобільності обладнання та можливості з'єднувати елементи великогабаритних конструкцій. Що стосується хімічного складу матеріалу, то слід зазначити, що в даний час практично всі конструкційні матеріали успішно з'єднуються за допомогою широко поширеного зварювання плавленням [28]. Ця технологія може бути використана для з'єднання алюмінію та його сплавів, сталей, міді та нікелю. Однак при плавленні хімічний склад матеріалів, що з'єднуються, має значний вплив на зварюваність. У нашому випадку необхідно оцінити зварюваність інструментальної сталі. Для оцінки впливу хімічного складу сталі на її зварюваність використовують розрахункові залежності для визначення вуглецевого еквівалента, зокрема, з ДСТУ 19281-89. Якщо розрахункове значення не перевищує значення фіксованого значення 0,25, то зазначена сталь має гарну зварюваність. Якщо розрахункове значення знаходиться в межах 0,25... 0,35, то ця сталь має задовільну зварюваність. У технологічний процес отримання виробу необхідно вводити додаткові операції, такі як попередній підігрів або термічна обробка після зварювання. Вирішити проблему зварюваності можна спеціальними технологічними методами, наприклад, зварюванням короткою дугою. Якщо розрахункове значення знаходиться в межах 0,35... 0,45 сталь має обмежену зварюваність. Тут зварювання повинно проводитися у вузькому діапазоні режимів, обов'язковий нагрів перед

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зварюванням, а після зварювання обов'язкова термічна обробка стику. А якщо розрахункове значення більше 0,45, сталь погано зварюється. Навіть при впровадженні в технологічний процес перерахованих тут технологічних прийомів ми отримуємо тріщини і зміцнюють структури в кінцевому зварному з'єднанні.

Практично всі способи зварювання плавленням використовуються для з'єднання деталей зі сталі У10 і ХВСГ. Однак при перевищенні критичної швидкості охолодження металу можна отримати гартівні конструкції. В якості заходів боротьби з цим явищем використовується попередній підігрів і повільне охолодження після виконання зварного шва. Крім того, в порівнянні з низьковуглецевими сталями, конструкції зі сталі У10 і ХВСГ мають меншу стійкість до кристалізації тріщин. Для підвищення стійкості до кристалізації тріщин застосовують зварювальний дріт зі зниженим вмістом сірки і вуглецю [33].

1.2 Використовувана технологія гартування інструменту

Розглянемо варіант затвердіння шляхом нанесення газотермічних напилюваних покриттів. Штампові деталі доставляються в зону для гартування шляхом нанесення покриття в багаторазові контейнери. На об'єкті деталі штампів зберігаються на стелажі.

При гартуванні інструменту передбачаються наступні операції:

- підготовка поверхні інструменту;
- газотермічне напилення покриттів;
- охолодження інструменту;
- контроль якості.

При виконанні підготовчих операцій штамп промивають і контролюють його стан. Слід пам'ятати, що на поверхні інструменту є різні забруднення, які характеризуються високою адгезією: сліди мастила, продукти корозії [13].

Очищення деталей від забруднень є найбільш типовою і специфічною операцією при нанесенні покриттів. Очищення інструменту від забруднень

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проводиться за допомогою лужного складу, в якості якого використовується препарат МЛ-51 або препарат МЛ-52, приготований у вигляді водного розчину. Концентрація розчину 10... 30 г/л, для використання готовий розчин нагрівають до температури 75... 80 °С. Матриці промивають протягом 30 ... 40 хвилин [26].

Якщо ми використовуємо цю технологію для гартування інструменту, який вже був в експлуатації, то деталі доставляються на робоче місце інспектора дефектів. При цьому частини матриці діляться на три групи. В першу чергу підходять деталі, знос яких лежить в межах допустимого. Друге - запчастини, що підлягають ремонту. Третя - браковані деталі, відновлення яких неможливе наявними на підприємстві технологічними засобами, ці частини інструменту відправляються на утилізацію [27].

Газотермічне розпилення здійснюється за режимом: витрата кисню – 2 м³/год, витрати ацетилену – 0,7 м³/год, відстань від сопла до поверхні, що розпилюється, – 150 мм, пальник запалений і включена подача матеріалу шнура. Встановіть швидкість подачі матеріалу шнура на 2 м/хв.

Потім проводиться термічна обробка – стабілізуючий відпуск, який зніме залишкові розтягуючі напруги в шарі, що напилується. Деталі матриці завантажуються в електропіч SSA, нагріваються до температури 200 °С, і витримуються при цій температурі протягом 3 годин. Для контролю виробу використовується калібрувальна пластина, індикатор годинникового типу мікромметр IX-2, монітор твердості. Твердість поверхні повинна бути в межах НВ = 3000-3100 МПа. Відхилення розмірів поверхонь повинно бути в межах допусків» [13].

1.3 Цілі роботи

Аналіз умов експлуатації виробу і основного технологічного процесу показав, що для досягнення мети магістерської роботи необхідно замінити застосовувану технологію штампування [32].

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналіз основного процесу гартування показав, що він має недоліки. Основним з них є зчеплення покриття з основою. Виходячи з вищевикладеного, можна сформулювати завдання для виконання випускної кваліфікаційної роботи:

- вибрати спосіб гартування замість використовованого;
- підбирати технологічні режими і зварювальні матеріали для обраного способу гартування;
- розробити технологічний процес на основі запропонованого методу гартування;
- відпрацювати захист виробничого персоналу і навколишнього середовища від небезпечних і шкідливих факторів;
- обґрунтувати запропоновані рішення з точки зору економічних розрахунків.

					<i>MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						14
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 Розробка процесу

2.1 Обґрунтування методу зварювання замість використовуваного

В даний час використовується газотермічний спосіб нанесення покриттів [1,17]. Сучасні технології дозволяють виділити кілька технологічних прийомів, що дозволяють проводити гартування покривними інструментами з різною ефективністю.

До першого способу відноситься метод гальванічного покриття [21], при якому при зносі інструменту менше 0,5 мм застосовують хромування, якщо знос більше 0,5 мм - нікелювання з подальшим хромуванням.

Сучасний стан технологій дозволяє проаналізувати наступні методи альтернативних способів нанесення зміцнюючих покриттів:

- Вібродугове покриття;
- Плазмове покриття;
- Остаточне плазмове гартування.

У разі вібродугове наплавлення (схема якого показана на рисунку 4) використовується електрод діаметром 1,5... 2 мм вібрує при 30... 100 Гц і амплітуда 0,5... 1 мм. В результаті таких коливань відбувається періодичне замикання дуги на зварюваному виробі. В результаті періодичних коротких замикань частина зварювального електрода переходить на поверхню деталі. В результаті утворюється тонкий шар. Оскільки виріб постійно охолоджується рідиною або стисненим повітрям, деформація в процесі наплавлення практично відсутня. Також за рахунок високої швидкості охолодження підвищується твердість наплавленого шару [31].

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«Конденсація речовини з плазмової фази при іонному бомбардуванні широко використовується при нанесенні зміцнюючих покриттів. Основним недоліком електродугових випарників, за допомогою яких реалізується метод, є наявність в плазмі мікрочастинок у вигляді крапель або твердих фрагментів катодного матеріалу - так званої «крапельної фази». Для відділення іонізованої пари металу від крапельної фази використовується система розділення плазмових потоків, що дозволяє отримувати покриття без вищевказаних дефектів» [13].

Розглянемо відносно нову технологію – технологію фінішного плазмового зміцнення (ФПУ) [26]. «Суть ФПУ полягає в нанесенні зносостійкого покриття з одночасною реалізацією процесу повторного зміцнення приповерхневого шару (на глибину до декількох мікрометрів). Покриття є продуктом плазмохімічних реакцій реагуючих речовин, що пройшли через дуговий плазмотрон. Гартування відбувається за рахунок місцевої дії висококонцентрованого плазмового струменя» [26].

«Ефект ФПУ досягається за рахунок зміни фізико-механічних властивостей поверхневого шару: підвищення мікротвердості, зниження коефіцієнта тертя, створення напружень стиснення, загоєння мікрodefektів, формування на поверхні діелектричного та корозійностійкого плівкового покриття з низьким коефіцієнтом теплопровідності, хімічної інертності та питомої топографії поверхні» [26].

Аналіз умов експлуатації виробу, можливих варіантів гартування показав, що мета підсумкової кваліфікаційної роботи, сформульована у вступі: «економія матеріальних ресурсів для гартування і збільшення терміну служби інструменту» може бути досягнуто за рахунок використання остаточного плазмового гартування.

2.2. Розроблена технологія поверхневого зміцнення

«Технологічний процес гартування деталі – це послідовна зміна її стану з метою продовження терміну служби.

Проектування процесу спрямоване на встановлення оптимальної

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

послідовності і способів обробки окремих поверхонь і всієї деталі в цілому, підбір необхідного обладнання, оснащення та інструментів для обробки і технічних нормативів часу на виконання робіт. Основна вимога, що пред'являється до технології гартування, полягає в забезпеченні необхідного рівня експлуатаційних властивостей деталей при заданій продуктивності праці при найменших витратах» [12].

«Фізична суть процесу полягає в тому, що поверхня матеріалу (металу) піддається впливу струменя аргонової плазми, що несе пари сполук кремнію та вуглецю, що призводить до одночасного впливу та осадження на поверхню тонкоплівкового аморфного покриття оксикарбїду кремнію. Термічний вплив може грати як позитивну, так і негативну роль. З одного боку, чим вище температура поверхні виробу (підкладки), тим вище якість (в першу чергу щільність) покриття. Якщо, звичайно, перед покриттям на поверхні не з'явиться накип. Крім того, дозований термічний вплив на поверхню деяких металів (наприклад, X12M) призводить до дуже сприятливого перерозподілу карбїдів хрому в приповерхневому шарі. З іншого боку, надмірний термічний вплив може викликати або крихкість фаз (крихкість), або зниження твердості поверхневих шарів (гартування інструменту). Тому найвищих позитивних результатів при використанні технології ФПУ можна досягти при оптимальному поєднанні і суворе дотримання технологічних (в першу чергу теплових) і фізико-хімічних (концентрація парів реагентів в плазмі) факторів або параметрів режиму. Виходячи з цього, всі параметри режимів технологічного процесу можна розділити на дві групи: параметри установки агрегату і режими процесу обробки» [23].

Робочими параметрами агрегату є:

- робочий струм, А
- витрата плазмоутворюючого газу (за даними ротаметра No1), поділки, (л/хв);
- захисна (фокусуєча) витрата газу (задається при налаштуванні агрегату), (л/хв);

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- витрата передавального газу (за даними ротаметра No2), поділки, (л/хв).

У процесі роботи ФПУ задаються і підтримуються постійними значення струму, витрати плазмоутворюючих і транспортних газів, технологічних відстаней: струм – 100 А; Витрата плазмоутворюючого газу – 1,5... 2,0 л/хв; Витрата передавального газу становить 0,9... 1,2 л/хв; Відстань обробки – 10... 20 мм. Точні витрати газу встановлюються відповідно до рекомендованої інструкції. Величина відстані обробки в заданому діапазоні мало впливає на якість нанесеного покриття.

«Устаткування для ФПУ включає в себе переносний апаратний блок з дозатором рідини, рисунок 6, малогабаритний плазмотрон з плазмохімічним генератором, рисунок 7, і блок живлення, рисунок 8. Крім того, дане обладнання може оснащуватися маніпулятором, рисунок 9, для обертання виробів, переміщення і позиціонування плазмотрона в процесі роботи ФПУ, автономною холодильною установкою, мобільною витяжною системою і пристроєм контролю якості покриття. Базовий комплект обладнання для ФПУ показаний на рисунку 10" [23].



Рисунок 6 - Блок обладнання з живильником рідини

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 7 - Плазмотрон з плазмовим хімічним генератором



Рисунок 8 - Джерело струму

Очищення інструменту від забруднень проводиться за допомогою лужного складу, в якості якого використовується препарат МЛ-51 або препарат МЛ-52, приготований у вигляді водного розчину. Концентрація розчину 10... 30 г/л, для використання готового до застосування розчину нагріті до температури 75... 80 °С [24]. Деталі матриці промивають протягом 30... 40 хв.



Рисунок 9 – Маніпулятор



Рисунок 10 - Базовий комплект обладнання для ФПУ

Установка призначена для безплазмового безвакуумного застосування тонкоплівкові (товщина від 0,1 до 2 мкм) алмазоподібний (кремній-вуглецевмісне) покриття методом остаточного плазмового зміцнення на інструментах, технологічному обладнанні та деталях машин [25].

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

3 Опис роботи конструкції штампів визначення умов роботи та виходу з ладу

Особливу важливість отримують конкретні пристрої, використовувані в штампах для холодного витискання. Структура та конструкція багатоопераційного штампів з направляючими колонами ілюструються на рисунку 11. Ці штампи є найбільш складними, металомісткими і трудомісткими у виробництві. Проте, така конструкція характеризується невеликою закритою висотою, мінімальним робочим та виштовхувальним ходом, навіть при виготовленні високих деталей з великою глибиною порожнини. Виробничий процес легко механізований і автоматизований. При правильному проектуванні та уважному виготовленні досягається висока точність наряду та достатня горизонтальна жорсткість.

Узагальнено, всі деталі, що складають штампи для холодного витискання, можна розділити на дві основні групи:

- + Блок штампів;
- + Пакети штампів.

Блок штампів включає в себе вузол, складений з верхньої - 7 та нижньої - 4 плит, з'єднаних направляючими пристроями. Пакети штампів складаються з деталей, які призначені для закріплення, утримання та направлення робочих частин штампів та заготовок. До складу пакету входять державки матриць - 16 та пуансонів - 11, знімачі, прокладки, гвинти, штифти та інші конструктивні елементи.

Особливістю таких штампів є їх універсальність. Замість виготовлення нового штампів можна використовувати один блок, замінюючи лише пакети та формоутворюючі інструменти (пуанسونи - 13 та матриці - 15).

Штампівання по елементах передбачає розчленовування штампіваної деталі на окремі прості елементи (прямі ділянки, закруглення, пази, отвори і т.д.). Поелементне штампівання може здійснюватися як на звичайних пресах, так і на координатно-револьверних. Цей метод дозволяє зменшити вартість деталей, а також зменшити або навіть виключити слюсарні роботи.

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виготовлення складних та схильних до поломок ділянок робочих частин штампів. Штampi послідовної дії є особливо ефективними навіть при виробництві невеликих серій дрібних і точних деталей, які складно та небезпечно завантажувати в прості штampi [14, стр.130].

Залежно від функціонального призначення всі деталі штампів можна розділити на декілька категорій:

- 1) Деформуючі деталі включають матриці, пуансони і ножі;
- 2) Встановлюючі деталі включають упори, ловці, що направляють матеріал, трафарети, складкодержателі, крокові ножі;
- 3) Витискаючі деталі включають знімачі, виштовхувачі, пружини, буферні шпильки, знімачі, ножі для різання відходів;
- 4) Монтажні деталі включають плити, пуансоно-тримачі, матрице-тримачі;
- 5) Кріпильні деталі включають хвостовики, болти, гайки;
- 6) Фіксуючі деталі включають штифти, шпонки, колонки та втулки.

Нормалізація та уніфікація обладнання сприяє скороченню номенклатури вузлів та деталей штампів, розширює взаємозамінність, знижує потребу у великій кількості штампів, підвищує надійність їх роботи та зменшує витрати на інструмент.

Плити використовуються для монтажу всіх деталей штампів. Верхня плита, де розміщені деталі рухомої частини штампів, кріпиться до повзуна преса. Нижня плита, закріплена на столі преса, встановлюється як нерухома частина штампів. Плити зазвичай виготовляють з чавуну марок СЧ 20 або СЧ 25; у випадках вимог до високої міцності - з чавуну СЧ 30. При необхідності використовують сталі 30Л або 40Л.

У конструкціях плит передбачаються елементи для кріплення, такі як отвори, пази, полиці або посадочні місця для хвостовиків, а також приливи для нанесення позначень. Мета роботи полягає в дослідженні процесів, які призводять до зношення направляючих штампів. Направляючі призначені для взаємного

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

направлення робочих частин штампа, полегшення його встановлення та налагодження на пресі, а також для транспортування [15, стр. 39].

3.1 Опис вузлів тертя штампу

Запобігання тертю штампу визначається ефективністю направляючих пристроїв, зокрема колонок - 6 та втулок - 5 (рисунок 11), які широко використовуються в мілких, середніх та великих розділювальних штампах. Часто у конструкціях таких направляючих тертя ковзання замінюють тертям кочення, вставляючи у втулки сепаратор із кульками. Таким чином, у конструкціях кулькових напрямних для блоків штампів використовують два види сепараторів - нерухомий та рухомий.

Основна частина горизонтального переміщення відбувається завдяки зазору Δ між колонками і втулками. Загальна величина горизонтального переміщення Δl може значно перевищувати розмір зазору між знімачем і пуансоном, що може призводити до повного сприймання бічних сил знімачем у процесі штампування і викликати відхилення пуансонів. Це, в свою чергу, може призводити до зниження довговічності штампів. Для підвищення тривалості служби штампів, особливо тих, де блоки, колонки і втулки мають ковзані посадки, використовують конструкції блоків із кульковими направляючими двох видів — з нерухомим і рухомим сепаратором (рисунок 12).

Блоки з кульковими направляючими між колонками і втулками, замість зазору, який є необхідним у блоках із направляючими ковзання, мають натяг. Тому верхня частина штампів обмежена горизонтальними переміщеннями та визначається лише прогином колонок, які сприймають бічні навантаження.

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

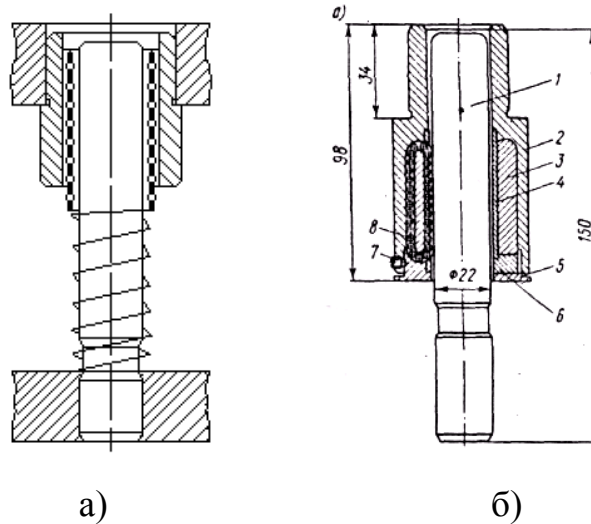


Рисунок 12 Конструкція кулькових направляючих для блоків штампів:

а) з нерухомим сепаратором; б) з рухомим сепаратором;

1...колонка; 2...корпус; 3...втулка; 4...сепаратор;

5...кришка; 6...шпонка; 7...гвинт; 8...кулька;

Високу точність блоків забезпечується високою точністю виготовлення їх складових частин, таких як плити, втулки і колонки. Нормативи точності блоків, встановлені згідно з ГОСТ 13139-67, визначаються наступним чином:

1) Не перпендикулярність колонок і отворів втулок до базових поверхонь плит повинна бути не більше 0,01 мм на довжині 100 мм і 0,006 мм для блоків підвищеної точності.

2) Не співвісність втулок верхньої плити і колонок нижньої плити блоку повинна бути не більше 0,01 мм на довжині 200 мм і 0,006 мм для блоків підвищеної точності.

3) Непаралельність базових поверхонь верхньої і нижньої плит блоку повинна бути не більше 0,025 мм на довжині 100 мм і 0,016 мм для блоків підвищеної точності.

З метою отримання високоякісних деталей під час розділових операцій та досягнення максимальних економічних показників у штампуванні передбачається використання різновидів блоків, відповідно до стандартів. Зокрема:

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) Діагональні блоки з осьовим розташуванням втулок і колонок із напрямними ковзання призначені для:

- блоків нормальної точності, де двосторонні зазори між пуансоном і матрицею перевищують 0,026 мм;
- блоків підвищеної точності, де двосторонні зазори між пуансоном і матрицею перевищують 0,016 мм.

2) Блоки з кульковими напрямними призначені для:

- матриць і пуансонів зі сталі з двосторонніми зазорами не більше 0,026 мм;
- матриць і пуансонів із твердого сплаву з двосторонніми зазорами не більше 0,1 мм.

За класифікацією способів напрямку пуансона щодо матриці можна виділити чотири типи направляючих пристроїв: матриця, кільце або знімач, плунжер і колонки.

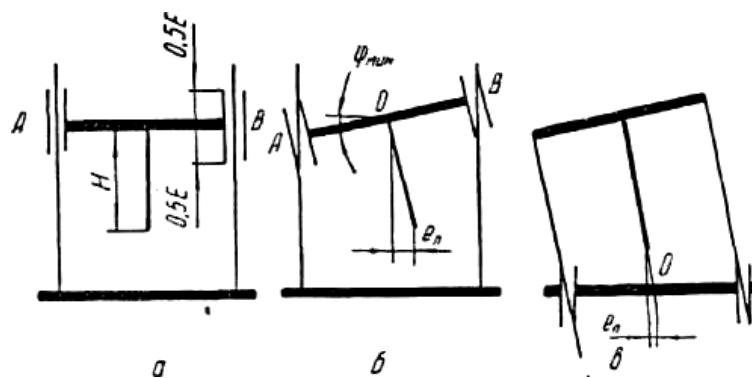


Рисунок 13 Схеми штампів з розташуванням колонок в нижній та верхній плитах:

а – початковий вигляд; б, в – після повороту верхньої плити.

Існують два розташування направляючих колонок: у нижній плиті (рисунок 13, а) та у верхній (рисунок 13, в). Під впливом сил і моментів, прикладених до повзуна преса під час робочого ходу, відбувається так зване "перекидання" повзуна разом із верхньою плитою штампу [3, стр. 146].

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зазори в направляючих преса, як правило, значно більші, ніж у втулках. Центром обертання можна вважати точку O – середину лінії AB , яка з'єднує середини втулок (рисунок 13, б).

Під час перекосу верхньої плити на кут φ головка пуансона отримує горизонтальний зсув e_n , пропорційний довжині пуансона H .

Проте, внаслідок перекосу плити з повзуном, головка пуансона вже жорстко закріплена в тілі видавлюваної заготовки, і переміщення e_n неможливе. Отже, повинен виникнути вигин пуансона, при якому його прогинання становить e_n . Очевидно, що це може призвести до різкого зниження довговічності пуансона. З аналізу рисунка 13 видно, що зменшення вигину пуансона можливе шляхом зменшення зазору C , збільшення висоти втулки E і скорочення довжини пуансона H . Останній шлях виключається, оскільки довжина пуансона визначається розмірами видавлюваної деталі, і зменшити виліт головки пуансона від лінії AB не можна через необхідність розміщення опори пуансона і пуансоно-тримача. Можливості першого шляху обмежені, оскільки зазори менше 0,05 мм не допускаються через заклинювання колонок, що відбувається внаслідок більшого теплового розширення нижньої частини штампу. Тому понизити згинальні навантаження на пуансон можливо шляхом збільшення довжини з'єднання колонок і втулок до значень, рівних 2,0...2,5 діаметрам колонки.

Існує більш ефективний спосіб зменшення навантажень на пуансон, обумовлених перекосом верхньої плити з повзуном: розташування колонок у верхній плиті, а втулок – в проміжній (рисунок 13, в). Як видно з схеми, у разі перекосу верхньої плити на той же кут φ , зсув головки пуансона набагато менший, ніж зсув при закріпленні колонки у нижній (або проміжній) плиті штампу. Висока ефективність використання такого прийому доведена у виробничих умовах – при холодному видавлюванні сталевих деталей, велосипеда (рисунок 11).

Для досягнення нормальної функціональності штампу (отримання деталей, які відповідають технічним вимогам, і максимальної стійкості інструменту) необхідно, щоб його виконання було близьким до ідеального (рисунок 14, а)). В

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В результаті отримуємо якнайменші перекося пуансона щодо матриці, проте тільки після виконання ряду важливих умов. При розточуванні плит базами повинні служити шліфовані зовнішні поверхні Б і Б1 (рисунок 14, б)). На внутрішніх поверхнях обох плит необхідно обробити допоміжні базові поверхні В і В1 одночасно з отворами під колонки і втулки. Після запресовки колонок і втулок збірку блоку потрібно виконати на чотирьох втулках однакової висоти (відшліфованих з однієї установки).

У зібраному вигляді блок закріплюють на розточувальному верстаті і обробляють посадочні поверхні під пуансон і матрицю. Відхилення паралелі і перпендикулярності складають 0,010...0,025мм на 100мм довжини. Проте значно більш важливе те, що співвісність і паралельність посадочних поверхонь під пуансон і матриці і перпендикулярність опорної плити до осі пуансона знаходяться в межах 0,012...0,040мм на 100мм довжини незалежно від точності обробки деталей блоку. Це дозволяє при якісному виготовленні деталей пакету штампу обмежити перекося пуансона щодо матриці \square ммфмм значенням 0,08...0,10мм на 100мм довжини [4, стр. 129].

3.2 Загальна характеристика методів виготовлення деталей пар тертя

Далі розглянемо опис технології виготовлення деталей напрямних вузлів, які виступають ключовою частиною штампів загалом, виконуючи основну роботу при формуванні деталей та заготовок.

Виготовлення втулок, колонок напрямних ковзань, а також планок напрямних кареток та повзунків здійснюється із сталей 15, 20 та У8. Проте, оптимальним вибором вважається сталь 20, що представляє собою сплав заліза з вуглецем, майже не перевищуючи 1,5% та теоретично досягаючи 2,14%. Сталь 20 відзначається високою міцністю та пластичністю, що робить її ідеальним матеріалом для обробки під тиском.

Тепер розглянемо хімічний склад сталі 20.

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Si.... (%)	C.... (%)	Mn.... (%)	S.... (%)	P.... (%)	Fe.... (%)
0,05	1,5	0,8	0,5	0,05	<i>решта</i>

Кремній та марганець не лише не погіршують властивості сталі, але й позитивно впливають на метал. Фосфор та сірка можуть погіршити сталь при високих температурах, але враховуючи, що сталь 20 є високоякісною вуглецевою сталлю із вмістом 0,2% вуглецю, цей вплив вважається мінімальним. Деталі з цієї сталі цементують на глибину 0,5 - 1 мм.

Твердість після термообробки визначається наступним чином:

- 1) Для напрямних колонок ковзань HRC 59-63;
- 2) Для напрямної втулки ковзань HRC 55-59;
- 3) Для планки напрямних кареток та повзунків HRC 55-59.

Загартовані колонки та втулки із сталі ШХ15 мають твердість HRC 61-65.

Втулки напрямних кочення сепаратора виготовляються із сталі ШХ15, сталі 45 та іноді сталі 20. Сталь ШХ15 - це матеріал для шарикопідшипників із 1% вуглецю та 1,5% хрому. Твердість після термообробки HRC 59-63. Втулки напрямних кочення сепаратора також виготовляються із сталі 45, яка має 0,45% вуглецю. Твердість після термообробки HRC 35,5-39,5.

Плити напрямних усіх видів виготовляються із сталі У10А - високоякісної сталі, що містить $\leq 0,03\%$ фосфору і $< 0,003\%$ сірки. Твердість після термообробки HRC 57-61.

Призми напрямних усіх видів виготовляються із сталі 40Х - легованої сталі із 0,4% вуглецю та 1% хрому. Твердість після термообробки HRC 49,5-53,5.

Направляючі закріплюють за допомогою посадок з натягом, що означає пресування у холодному стані або з нагрівом охопленої деталі.

Точність та надійність роботи штампа залежать від правильного вибору конструкції деталей та вузлів, які з'єднують штамп з повзуном преса. Конструкція штампа повинна не лише забезпечувати зручність встановлення та

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

транспортування, але й гарантувати легкість та безпеку переміщення та збірки його окремих частин.

3.3 Характеристика системи змащення деталей пари тертя

Для зниження тертя між деформованим металом та стінками струмка штампів та попередження налипання металу на інструмент, що може спричинити абразивний знос, використовується система змащення. Змащення також полегшує видалення поковки та сприяє зменшенню штампувальних ухилів.

Зазвичай мащення цього вузла тертя виконують вручну за допомогою пензля та пластичних мастил. Для цієї мети застосовують два пластичних мастила: синтетичний солідол згідно з ГОСТ 4366-76 та жировий солідол. Обидва мастила ефективно працюють в широкому діапазоні температур (-25...+65 °C) та мають прийнятні антифрикційні характеристики для даного типу тертя. Важливою характеристикою є температура краплепадіння, або найвища температура, при якій мастило залишається на деталі. У зв'язку з нагріванням штампів під час роботи рекомендується віддавати перевагу синтетичному солідолу чи використовувати мастило на кальцієво-натрієвій основі [2, стр. 185].

Розглянемо характеристики кількох мастил:

1) Літол-24 (ГОСТ 21150-75): Універсальне антифрикційне водостійке мастило, згущене змішуванням нафтових масел з літєвим милом 12-оксистеаринової кислоти та антиокислювальною присадкою. Має однорідну мазь від ясно-жовтого до коричневого кольору і призначене для вузлів тертя транспортних машин та промислового устаткування. Робочий температурний діапазон: -40...+130 °C. Застосовуючи Літол-24, можна збільшити терміни експлуатації вузлів тертя у 2-4 рази.

2) ЛС-1П (ТУ 38 УРСР 201145-73): Протизадирне водостійке мастило, одержуване згущенням суміші веретенного АУ та індустриального І-50 масел літєвим милом 12-оксистеаринової та стеаринової кислот. Містить композицію

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

протизадирних присадок. Працездатне при температурі від -40 до +120 °С. Використовується для змащування важко навантажених вузлів ковальсько-пресових та ливарних машин.

3) ЛСЦ-15 (ТУ 38-101140-71): Водостійке антифрикційне і консерваційне мастило, отримане згущенням рівномірної суміші веретенного АУ та індустріального І-50 масел літєвим милом гідрованого касторового мастила з додаванням дифеніламіну, поліізобутеліну та окису цинку. Робочий температурний діапазон: -40...+130 °С. Застосовується в кульках, осях педалей та інших механізмах.

3.4 Аналіз причин виходу з ладу деталей вузла тертя

3.4.1 Види відмов деталей пари тертя та вузла в цілому

Неправильна установка і наладка штампів, конструктивні недоліки, знос пуансонів і матриць можуть бути причинами виникнення браку деталей. Аналіз характеру дефектів штампованих деталей дозволяє визначити причини несправностей штампів і вказати шляхи їх усунення.

При експлуатації вирізних штампів можуть з'являтися завусенці на штампованому виробі через неправильно вибраний зазор або зсув пуансона щодо матриці, а також притуплення ріжучих кромки пуансона і матриці. Вирізанням провалу в матриці можна усунути цей дефект.

Зазвичай, заворот матриці може спричинити увігнутість або опуклість на виробі. Цей дефект виправляється шліфуванням провального отвору матриці або правильним пригоном виштовхувача до заготовки.

Деякі несправності вирізних штампів, такі як неспіввісність пуансона і матриці, великий люфт в направляючих пристроях, непаралельність верхньої і нижньої плит, можуть призвести до зрізу ріжучих кромки інструменту.

До несправностей згинальних штампів відносяться неточність роботи

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фіксуючого пристрою, неправильний вибір зазору між пуансоном і матрицею, мала глибина матриці і ін. Ці несправності можуть призводити до виробу неправильної форми з викривленням або хвилястістю ділянок.

При експлуатації витяжних штампів, важливо правильно встановити зазор між пуансоном і матрицею та вибрати оптимальне зусилля притискання. Малий зазор може призвести до задирок або блискучих слідів на бічній поверхні виробу, а великий тиск - до розриву металу на циліндровій частині виробу.

Враховуючи види відмов та їхні причини, рекомендується системний аналіз та усунення дефектів, щоб забезпечити надійну та продуктивну роботу вузла тертя.

3.4.2 Оцінка ступеня зношування пари тертя

Для детального визначення механізму руйнування даного вузла, розглянемо загальну класифікацію тертя та основні види зношування. На сучасному етапі розвитку трибології тертя поділяють за такими ознаками:

- За видом взаємного руху тіл: тертя кочення, ковзання, вертіння.

- За наявністю (відсутністю) різноманітних мастильних речовин в зоні стику поверхонь: сухе тертя (мастильні матеріали відсутні), граничне (шар мастила має товщину декількох молекул), рідинне (поверхні тіл не стикаються, тертя відбувається між шарами мастила).

- При наявності сторонніх частинок (пісок, пил, тверді окисли, продукти зношування) в зоні стику виникає сухе абразивне тертя, масляно-абразивне, гідро-абразивне, газо-абразивне.

- За місцем локалізації процесу тертя: зовнішнє тертя, що виникає в зоні стику зовнішніх поверхонь та внутрішнє тертя, що виникає між шарами оливи, рідини, рідкого металу чи в металі під час деформації.

Найбільш розповсюджені види зношування включають адгезійне, окисне, втомне, абразивне, корозійно-механічне, ерозійне та кавітаційне. У нашому випадку, робочі поверхні вузла тертя не виявляють ярко виражених подряпин та

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

слідів схоплення, працюють при граничному чи рідинному терті та не піддаються дії великих температур.

За наведеними критеріями можна зробити висновок, що у даному вузлі спостерігається зношування внаслідок втоми металу. Процес зношування протікає так, що на площадках фактичного контакту матеріал сприймає багаторазові пружні та пластичні деформації, призводячи до зміцнення та знеміцнення, розрихлення в окремих місцях структури матеріалу. Процес розрихлення схожий на зародження та розвиток втомної тріщини в деталі під впливом циклічних навантажень. Руйнування поверхневого шару відбувається за рахунок диспергування (подрібнення) та видалення металу по всій довжині контакту. Утворення фрагментів зношеного матеріалу виникає через багаторазові взаємодії.

Зношення поверхонь можна умовно розділити на три етапи (див. рисунок 15):

I – Початкове зношування, спостерігається при припрацюванні поверхонь деталей; II – Зношування, що встановилося ($t_{ga} = \text{const}$, прямолінійна ділянка кривої); III – Процес катастрофічного зношування.

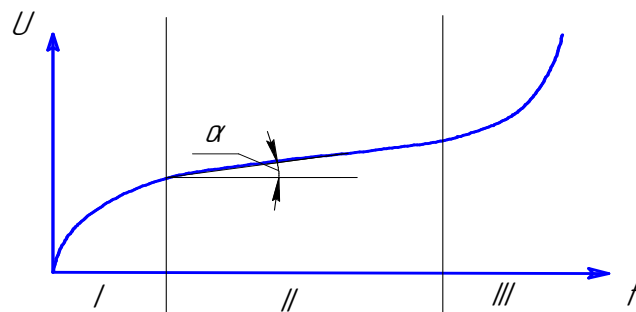


Рисунок 15 — Крива лінія зношування

U – зношування; t – час роботи .

Модель зношування в фрикційному контакті.

Модель зношування при фрикційному контакті характеризується рядом особливостей. Фактичний контакт поверхонь відбувається в окремих точках дотику мікронерівностей, а загальна площа утворених плям значно менша, ніж номінальна площа контакту. Контакт мікронерівностей є випадковим, і при

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відносному переміщенні деталей пари тертя відбувається руйнування випадково збігаються мікровиступів.

Мікровиступи, які увійшли в контакт, відчують складний напружено-деформований стан. Під впливом нормально прикладеного навантаження та сил, що виникають від рухливих елементів, напруження в контакті мікровиступів співмірні з межею текучості матеріалу і є пружними (деформація деталі в цілому пластична не відбувається)[1, стр. 73].

Фрикційний контакт жорстко-пластичного тіла складається з пограничного та підповерхневого шарів (див. Рисунок 16). Прикордонний шар охоплює область пластично деформованого матеріалу, в якому відбувається зсув (розрив швидкості) однієї деталі відносно іншої. Цей шар характеризується значним вмістом пор, обумовлених наявністю дефектів (мікротріщин, вакансій, дислокацій).

Зсув відбувається не в одній, а в ряді площин ковзання, де дотичні напруження досягли межі текучості матеріалу пограничного шару. Зі збільшенням кількості дислокацій в поверхневому шарі опір ковзанню деталей зростає, що призводить до фрикційного зміцнення. Це призводить до появи напружень розтягу в прикордонному шарі.

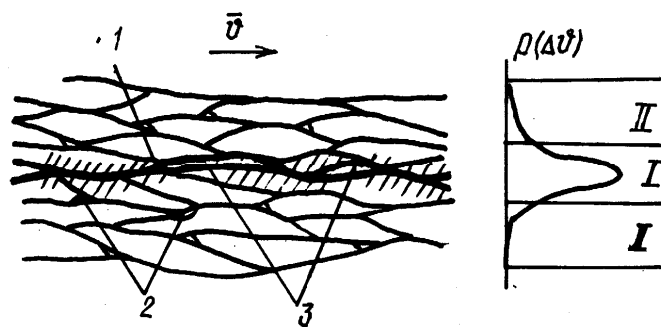


Рисунок 16 - Схема фрикційного контакту :

(а) – прикордонний шар;

(б)– поверхневий шар;

$P(\Delta V)$ - вірогідність розриву швидкості в шарі;

1 – границя фактичного контакту; 2 – субмікротріщини; 3 – мікропори.

						MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			37

Роль підповерхневого шару в фрикційному контакті.

Роль підповерхневого шару проявляється у перерозподілі локальних навантажень, що діють від прикордонного шару, на більш глибокі шари матеріалу та у розсіюванні енергії, що виникає в поверхневому шарі під час пластичної деформації. Матеріал підповерхневого шару перебуває у стані пружної або пружно-пластичної деформації. Під впливом нестационарних випадкових навантажень від прикордонного шару метал підповерхневого шару витримує змінні тисково-розтягуючі навантаження.

Розрихлення поверхневого шару матеріалу при терті може служити показником міцності та стійкості до зношування.[2, стр. 63].

Для розрахунку втомного зношення, що виникає при напрямних ковзаннях, можна скористатись такою залежністю:

$$I_h = \frac{0,34 \cdot \rho_c \cdot (1 - \mu^2)}{\sigma'_0 \cdot E} \cdot \left[\tau_0 + 0,4 \cdot \frac{\beta \cdot \rho_c^{0,2} \cdot E^{0,8}}{(1 - \mu^2)^{0,8}} \right]^t \quad (3.1)$$

де ρ_c – контурний тиск;

E, μ – властивості ;

τ_0, β - стан поверхні тертя ;

t – втомна характеристика матеріалів;

σ'_0 - розтягуючі напруження.

3.5 Оцінка умов роботи вузла тертя та окремих деталей

3.5.1 Розробка розрахункової схеми

Наведений розрахунок є наближеним, тому для отримання більш точних значень інтенсивності зносу слід додатково враховувати такі фактори, як фізико-хімічний стан поверхні, температура, коефіцієнт тертя та швидкість ковзання.

Мета розрахунку на зношення полягає, передусім, у визначенні стійкості

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріалів трибосистем та ресурсу вузла тертя ще на етапі проектування механізму. Процес вдосконалення фрикційних механізмів, так само як і всіх інших елементів, вузлів та машин загалом, включає два основних напрямки:

- Вивчення існуючих методів покращення вузлів машин і вибір оптимальних для конкретних умов роботи.

- Розробка радикальних методів підвищення стійкості та надійності вузла тертя.

3.5.2 Аналіз рухів та розрахунок параметрів

Аналіз кінематичних та силових параметрів вузла тертя розпочнемо з вивчення рухів спряжених деталей. Переміщення відбувається внаслідок зворотно-поступального руху рухомої частини штампа. Деталі, знаходячись у спряженні, ковзають одна відносно одної, що призводить до їхнього зношування. Важливо враховувати, що зношування на шляху ковзання буде нерівномірним через використання матеріалів із різними властивостями та зміни параметрів моделі зношування з часом (таких як навантаження, контактна площа та умови мащення).

Розглянутий у прикладі штамп, використовуваний для виготовлення стаканів, діє на два етапи: на першому етапі формується стакан під дією сили P_1 (рис. 17 а)), де надається попередня форма, на другому етапі силою P_2 остаточно формується та витискається стакан із заданою формою та розмірами (рис. 17 б)).

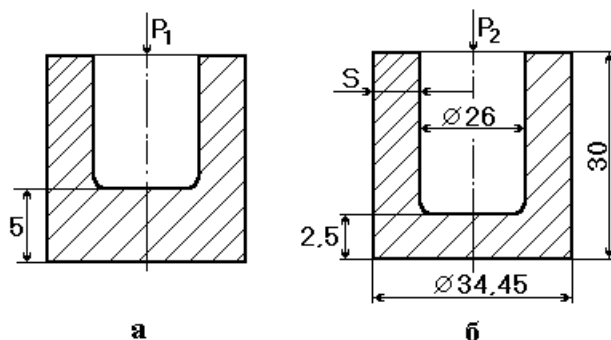


Рисунок 17 Виготовлення стаканів

а - стакан під дією сили P_1 ; б - стакан під дією сила P_2 ,

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

3.5.3 Розрахунок сил

Давайте почнемо з аналізу сил, які взаємодіють з деталями вузла тертя під час їх відносного переміщення. Системі в цілому прикладається зовнішня сила P та момент згину $M_{зг}$, а крім того, на окрему колонку також діє сила P_H (рис. 18).

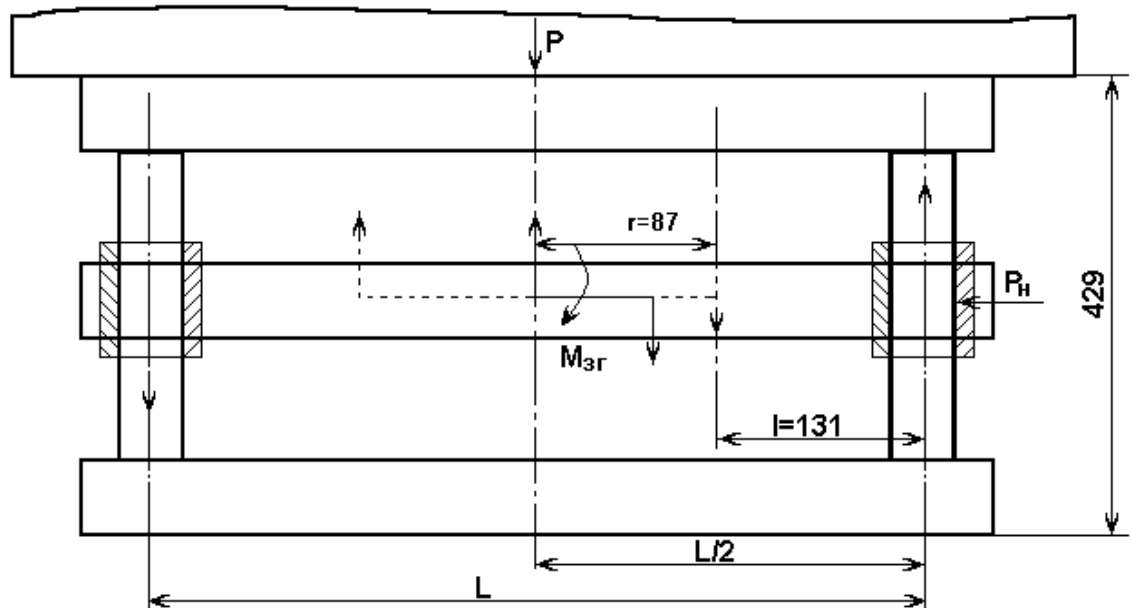


Рисунок 18 Розрахунковий рисунок

Згідно робочого креслення відомо:

L – відстань між колонами, $L = 505$ мм;

l – відстань між центрами колонки та матриці, $l = 132$ мм;

r – відстань між центрами штампу та пуансона, $r = 88$ мм;

Існує три схеми холодного витискання:

- Пряме;
- Зворотне;
- Комбіноване.

Вибір конкретної схеми залежить від форми та розмірів виготовлюваних

деталей, а також від форми заготовки, яка надходить на холодне витискання. У нашому випадку використовується схема зворотного витискання, тому розрахунок сил для цієї схеми проводиться за відповідною формулою.

$$P = F \cdot \sigma_s \cdot \left(2 + \frac{0,5 \cdot f \cdot d_1}{S} \right) \cdot n \quad (3.2)$$

де F – площа поперечного перерізу заготовки ;

σ_s – границя міцності штампованого матеріалу;

d_1 – внутрішній діаметр запчастини;

S – товщина стінок запчастини;

f – коефіцієнт тертя для алюмінію 0,17-0,20;

n – коефіцієнт форми пуансона та матриці.

Для визначення площі поперечного перерізу застосуємо формулу площі круга, яка виглядає:

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (3.3)$$

$$F = \frac{3,14 \cdot 26^2}{4} = 530 \text{ мм}^2$$

Для виготовлення виробу беремо матеріал алюміній марки В956А коефіцієнт тертя якого складає $f = 0,3$.

Враховуючи рисунок 17 б) визначаємо товщину стінок деталей, яка складає:

$$S = \frac{34,45 - 26}{2} = 4,23 \text{ мм}$$

Оскільки форми пуансона та матриці мають плоску поверхню, їх коефіцієнт n дорівнює 1. Згідно з таблицею 60 в Довіднику під редакцією Малова А.Н., визначаємо границю міцності штампованого матеріалу для внутрішнього діаметра деталі $d=26$ мм як $\sigma_s=49$ кг/мм².

Після отримання необхідних значень величин, підставляємо їх у формулу 2.

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P = 513 \cdot 2 \cdot 49 \cdot \left(2 + \frac{0,5 \cdot 0,2 \cdot 26}{4,23} \right) \cdot 1 = 135805 \text{ кг}$$

Далі знаходимо згинальний момент, який надає найбільше навантаження на одну із колон у зв'язку з чим вона більше зношується.

$$M_{зг} = P \cdot r \tag{3.4}$$

$$M_{зг} = 135805 \cdot 87 = 1181504 \text{ кг} \cdot \text{мм}$$

Після знаходження згинального моменту визначаємо P_H яка діє окремо на колонку.

$$P_H = \frac{M_{зг}}{L} \tag{3.5}$$

$$P_H = \frac{1181504}{503} = 2348,9 \text{ кг}$$

3.5.4 Розрахунок тиску

Для визначення контактної тиску в спряженні колонка-втулка використовуємо метод, розроблений доктором технічних наук професором А.Г. Кузьменко, відомий як метод еквівалентної податливості [Кузьменко, жур№1]. Суть методу полягає в тому, що переміщення колонки U (Рисунок 19) можна виразити через контактний тиск $\sigma(\varphi)$ та коефіцієнт податливості матеріалів k , які знаходяться у контакті в даному спряженні, тобто

$$U = k \cdot \sigma(\varphi) \tag{3.6}$$

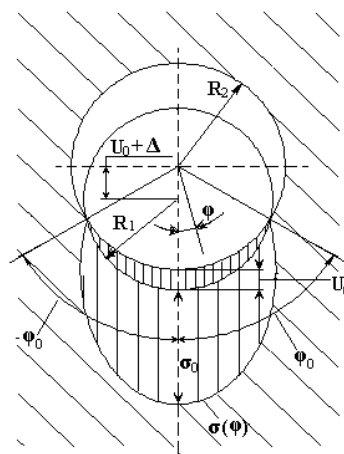


Рисунок 19 - Схема контакту колонка-втулка

						MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
							42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Введено наступні позначення:

R_1 – радіус колони;

R_2 – радіус втулки;

$U = R_1 - R_2$ – радіальний зазор у спряженні;

φ - поворотний кут;

Q – навантаження у спряженні;

U_0 – максимальне контактне переміщення, зсув колонки під навантаженням Q ;

$\sigma(\varphi)$ – величина тиску в залежності від поточного кута;

σ_0 – максимальний тиск при контакті;

E_1, μ_1 – модуль пружності та коефіцієнт Пуассона колонки;

E_2, μ_2 - модуль пружності та коефіцієнт Пуассона втулки;

k_1 і k_2 – коефіцієнти податливості, відповідно колонки та втулки;

h_{BT} – висота втулки = 55мм.

Функцію тисків розраховуємо як

$$\sigma(\varphi) = \frac{\Delta}{k_1 + k_2} \left(\frac{\cos \varphi}{\cos \varphi_0} - 1 \right) \quad (3.7)$$

Максимальний контактний тиск

$$\sigma_0 = \frac{\Delta}{k_1 + k_2} \left(\frac{1}{\cos \varphi_0} - 1 \right) \quad (3.8)$$

Кут контакту φ_0 визначається з рівняння:

$$\bar{Q} = \frac{\varphi_0}{\cos \varphi_0} - \sin \varphi_0 \quad (3.9)$$

$$\bar{Q} = \frac{Q \cdot (k_1 + k_2)}{R_2 \cdot \Delta}$$

де

$$Q = \frac{P_H}{h_{BT}} = \frac{2348,9}{50} = 46,98 \text{ кг} / \text{мм}$$

Наближено розв'язавши рівняння (3.9) отримаємо рівняння для визначення максимального кута контакту.

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varphi_0 = 1,13(\bar{Q})^{\frac{1}{3}} - 0,13 \cdot \bar{Q} \quad (3.10)$$

Визначаємо коефіцієнти податливості колонки та втулки.

$$k_1 = \frac{(1-2 \cdot \mu_1) \cdot (1+\mu_1) \cdot R_1}{E_1} \quad (3.11)$$

$$k_2 = \frac{(1+\mu_2) \cdot R_2}{E_2} \quad (3.12)$$

Щоб визначити коефіцієнти податливості розраховуємо механічні характеристики матеріалів деталей:

- для матеріалу колонки :

$$E_1 = 2,1 \cdot 10^4 \text{ кг/мм}^2; \mu_1 = 0,3;$$

- для матеріалу втулки :

$$E_2 = 0,9 \cdot 10^4 \text{ кг/мм}^2; \mu_2 = 0,35;$$

$$k_1 = \frac{(1-2 \cdot 0,3) \cdot (1+0,3) \cdot 15}{2,1 \cdot 10^4} = 3,7 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^3 / \text{кг}$$

$$k_2 = \frac{(1+0,35) \cdot 15}{0,9 \cdot 10^4} = 2,25 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^3 / \text{кг}$$

За формулою (1.9) визначаємо середнє навантаження.

$$\bar{Q} = \frac{46,98(3,7 \cdot 10^{-4} + 2,25 \cdot 10^{-3})}{15 \cdot 0,025} = 0,328$$

Обчислимо максимальний кут, який контактує σ_0 .

$$\varphi_0 = 1,13 \cdot (0,328)^{\frac{1}{3}} - 0,13 \cdot 0,328 = 0,736$$

Максимальний контактний тиск у парі колонка-втулка становить:

$$\sigma_0 = \frac{0,025}{3,7 \cdot 10^{-4} + 2,25 \cdot 10^{-3}} \cdot \left(\frac{1}{\cos 0,736} - 1 \right) = 0,095 \text{ МПа}$$

3.5.5 Розрахунки шляхів тертя, температури та швидкості

Для визначення швидкості ковзання використовуємо теорію машин та механізмів, будуючи положення вихідної ланки. З рисунка 20 видно, що швидкість на ньому виявляє зворотно-поступальний рух , і, відповідно, ми можемо

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

визначити кутову швидкість ведучої ланки, враховуючи кількість обертів $n=800$ об/хв.

$$\omega_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot 800}{30} = 83,7 \text{ рад/с}$$
(3.13)

Діаграма швидкостей формується за допомогою методу хорд. З середини відрізків, які з'єднують сусідні точки на діаграмі переміщень $S(t)$, проводяться вертикальні прямі. Під кутами α_1, α_2 і так далі відповідних відрізків, вибираємо довільне положення точки P і проводимо прямі до їх перетину з віссю V . З точки цього перетину відкладається горизонтальна пряма до перетину з вищезазначеною вертикальною прямою, яку провели з середини відповідного відрізка. Отримана точка перетину представляє собою одну зі значень швидкості в даному положенні. Цей процес повторюється для всіх інших інтервалів, а отримані точки з'єднуються для формування плавної кривої (див. рисунок 21) [3, стр. 82].

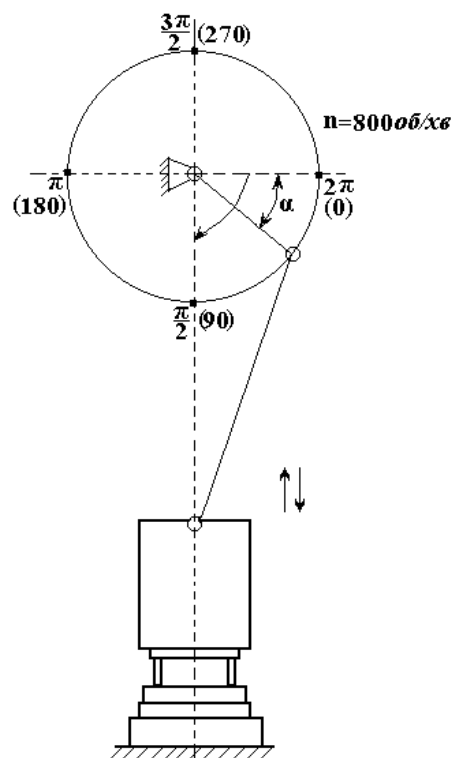


Рисунок 20 - Розрахунок швидкості

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

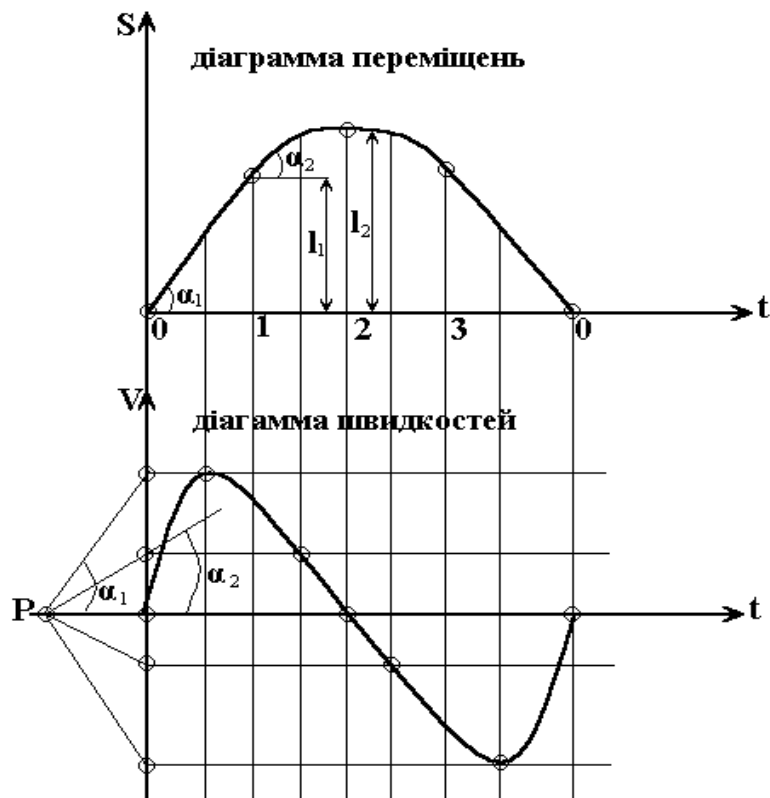


Рисунок 21 - Діаграма яка показує швидкості

На основі вищевказаного ми можемо побудувати графік залежності швидкості від кута α (див. рисунок 22) та визначити формулу для середньої швидкості V_{cp} .

$$V_{cp} = \frac{V_{max} - V_{min}}{2} \quad (3.14)$$

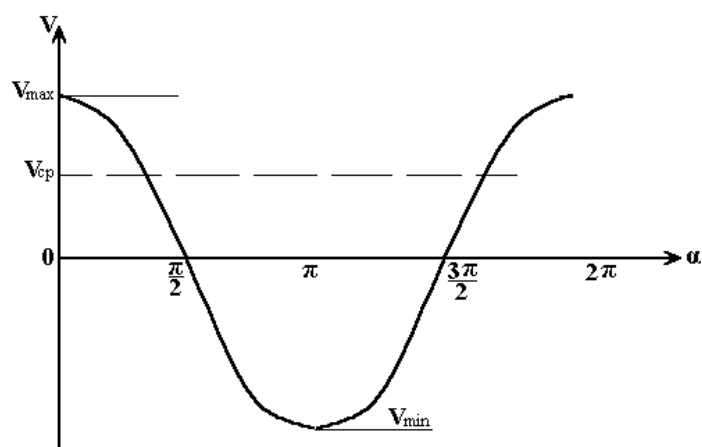


Рисунок 22 - Графік швидкостей від кута α

Визначаємо шлях тертя під час витискання деталі. На рисунку 23 наведено послідовність проходження шляху тертя. Коли пуансон витискає стакан, він опускається на певну висоту і після виконання заданої дії повертається у вихідне положення, щоб мати можливість зняти стакан та вставити нову заготовку. Після цього цикл повторюється в необхідній кількості разів.

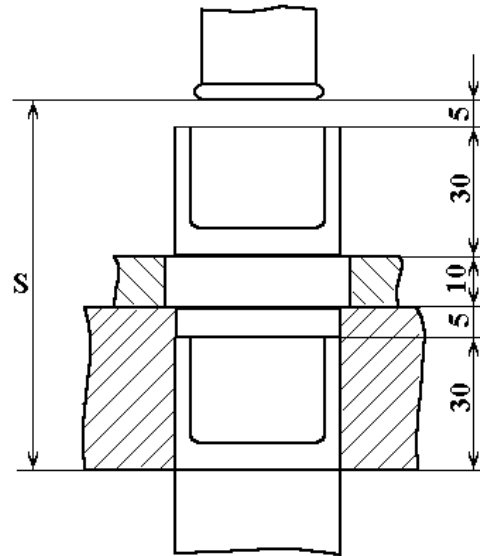


Рисунок 23Послідовність проходження шляху тертя

З рисунок 23 обраховуємо шлях тертя S .

$$S = 30 + 5 + 10 + 5 + 30 = 80 \text{ мм}$$

3.5.6 Аналіз умов мащення

Щодо товщини мінімального шару мастила у даній парі тертя, відомо, що спряжені поверхні оброблено до визначеної шорсткості. Після обробки шорсткості поверхні, їх параметри відповідають 7-8 класам зі значеннями $Ra = 1,25-0,63 \text{ мкм}$ (див. рисунок 24).

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

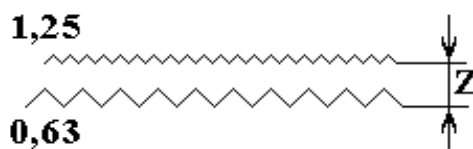


Рисунок 24 - Товщина шару мастила

$$\Delta_{\max} = 0,0125 \text{ мм}$$

$$\Delta_{\min} = 0,0063 \text{ мм}$$

Як вже було зауважено, вказані деталі експлуатуються в умовах граничного мащення, тому товщина мінімального мастильного шару повинна бути не менше, ніж величина шорсткості контактуючих поверхонь. Для цього спряження рекомендовані антифрикційні мастила з високими протизадирними властивостями, оскільки внаслідок роботи вузла саме задирки можуть підсилювати процеси зношення. Найбільш відповідним є застосування мастила ЦИАТИМ–210 або Літол–24 [1, стр. 92].

Зазор у спряженні визначається посадкою H7/g6 за діаметром колонки.

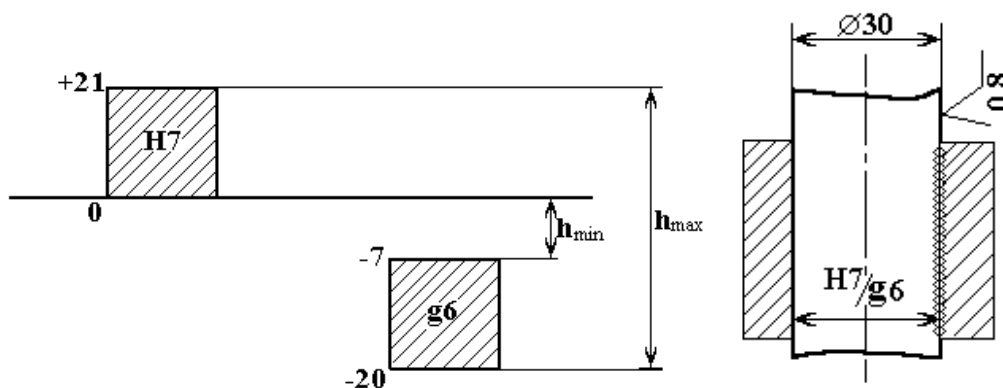


Рисунок 25 - Зазор у спряженні

3.6 Розрахунки зносу вузла тертя

Для визначення величини зносу у цьому вузлі тертя використовуємо загальну методику розрахунку зносу вузлів. Ця методика ґрунтується на емпірично

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

отриманій залежності, що підтверджує, що знос у вузлі тертя пропорційний тиску в зоні контакту та шляху, на якому діє цей тиск (згідно з Кузьменком).

$$u_w = K_w \cdot \sigma^m \cdot S \quad (3.15)$$

де U_w – величина зносу;

Коефіцієнти K_w та m – це уточнюючі величини, які враховують фізико-механічні властивості матеріалів та умови роботи пари тертя (такі як температура, мащення, наявність абразивів тощо); S – шлях тертя.

Для розглядуваного вузла тертя значення коефіцієнтів K_w та m можуть бути визначені експериментальним шляхом, проведеним відповідним дослідом, або знайдені у літературних джерелах. В даній роботі не проводяться професійні конструкторські розрахунки; вона є лише частиною навчального процесу і не вимагає високої точності розрахунків. Таким чином, для визначення величини зносу у цьому спряженні використовуються коефіцієнти, наведені в Довіднику по трибології. За аналогією з контактуючими матеріалами при схожих робочих умовах, отримуємо параметри моделі зношення (див. таблицю 3.1) [9, стр. 231].

Таблиця 3.1 Параметри моделі зношення вузла тертя

Пара тертя напрямна колонка	
колонка	втулка
$K_w=2,51 \cdot 10^{-11}$ МПа	$K_w=3,65 \cdot 10^{-11}$ МПа
$m=1,05$	$m=4,88$

Величина зносу за період до капітального ремонту деталей (20000 циклів) складатиме:

1. пара колонка-втулка, знос втулки:

$$U_w = 3,65 \cdot 10^{-11} \cdot 0,095^{4,87} \cdot 80 \cdot 20000 = 9,20 \cdot 10^{-10} \text{ мм}$$

2. пара колонка-втулка, знос колонки:

$$U_w = 2,51 \cdot 10^{-11} \cdot 0,095^{1,04} \cdot 80 \cdot 20000 = 5,20 \cdot 10^{-6} \text{ мм}$$

3. загальний знос пари колонка-втулка:

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U = 9,20 \cdot 10^{-10} + 5,20 \cdot 10^{-6} = 5,2 \cdot 10^{-6} \text{ мм}$$

Знос частини колонки, яка несе навантаження виключно від власної ваги, залишаємо без уваги через те, що величина зносу на цій поверхні тертя буде мінімальною і, отже, не впливатиме на роботу вузла в цілому.

Важливо відзначити, що цей привід є ключовим механізмом, і разом із несучими плитами, на які можуть встановлюватися різноманітні формотворчі елементи (матриці, пуансони), штамп повинен витримати не менше п'яти ремонтів цих елементів. Тільки після цього можна вважати штамп вичерпаним свій ресурс. Таким чином, з викладеного випливає, що розрахований вище знос складає п'яту частину загального зносу, який відбудеться до повного капітального ремонту штампа [7, стр. 112].

Повний знос вузла тертя представлений у таблиці 3.2.

Пара колонка-втулка		
Знос колонки	Знос втулки	Загальний знос
$2,6 \cdot 10^{-5}$	$0,4 \cdot 10^{-8}$	$2,6 \cdot 10^{-5}$

З точки зору якісного аналізу, величину зносу у розглянутому вузлі тертя можна описати залежно від різних чинників. З виразу для розрахунку зносу видно, що при збільшенні тиску в контактуючих поверхнях, спричиненому заїданням або іншими факторами, величина зносу зростає за степеневим законом. З іншого боку, підвищення твердості матеріалів пари тертя або використання антифрикційних покриттів на їх основі сприяє зменшенню інтенсивності процесу зношення. Ще одним фактором, що безпосередньо впливає на величину зносу, є площа контакту. Проте, збільшення площі контактуючих поверхонь не завжди є доцільним та конструктивно обґрунтованим.

Отже, у висновку можна відзначити, що вузол тертя, складений з прямої колонки та втулки, представляє собою вдалу інженерну розробку з точки зору застосування конструктивних та технологічних методів для підвищення зносостійкості вузла. Розрахунки свідчать, що при періодичному обслуговуванні

(очищення від бруду та регулярне мащення) ресурс цього механізму є задовільним і економічно-раціональним. На рисунку 26 у вигляді графіків зображено якісні залежності зносу від різних факторів [6, стр. 71].

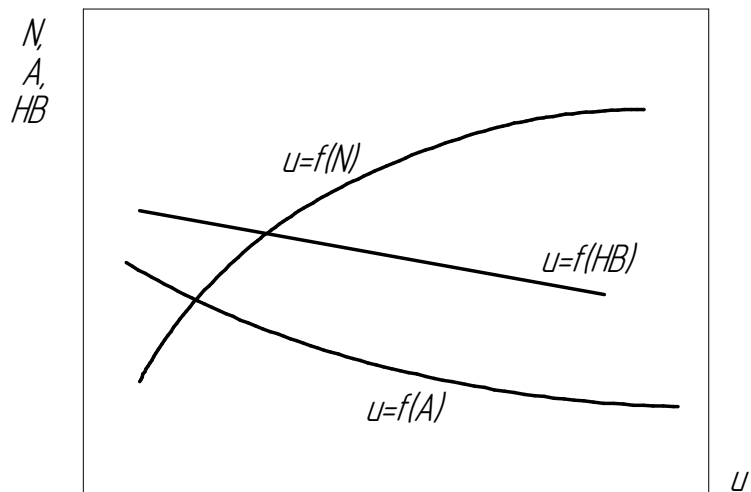


Рисунок 26 - Залежності величини зносу від навантаження (N), твердості (HB) та площі контакту A .

3.7 Прилади для контролю твердості термічно оброблених деталей

Найбільш розповсюдженими методами вимірювання твердості є методи Брінелля та Роквелла. Ці методи є достатньо простими і дозволяють вимірювати твердість готових виробів без їх руйнування. Метод Брінелля (згідно з ГОСТ 9012-74) ґрунтується на тому, що під впливом сили P в поверхню виробу вдавлюється загартована кулька певного діаметра D . Твердість HB виробу визначається за величиною сферичного відбитка, який залишає кулька (див. рис. 27), і визначається за допомогою формули:

$$HB = \frac{P}{F}, \quad (3.16)$$

де P – прикладене навантаження; F – площа поверхні сферичного відбитка.

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо обрахувати площу поверхні відбитка через діаметри кульки та відбитка, отримуємо формулу:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (3.17)$$

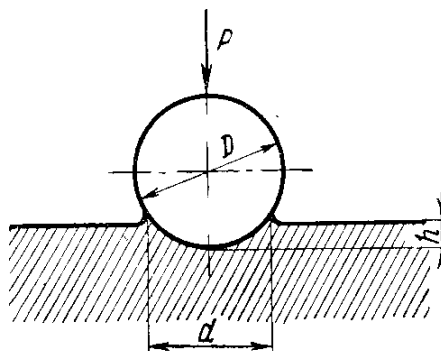


Рисунок 27 - Схема вимірювання твердості за методом Брінелля

Навантаження P , діаметр кульки D та термін витримки під навантаженням обирають згідно з такими рекомендаціями.

Вибір діаметра кульки залежить від товщини зразка t . Якщо товщина зразка $t > 7$ мм, вибирають кульку діаметром $D = 12$ мм, для $t = 4 \dots 6$ мм – кульку $D = 6$ мм і для зразків з $2 < t < 3$ мм вибирають кульку з $D = 2,5$ мм. Навантаження P обраховують за формулою:

$$P = KD^2, \quad (3.18)$$

де K – коефіцієнт, який залежить від виду матеріалу зразка:

- $K = 30$ для чавунів, сталей та зміцнених кольорових сплавів з очікуваною твердістю $HB > 1400$ МН/м² (140 кгс/мм²);

- $K = 10$ для чорних і кольорових металів та сплавів з очікуваною твердістю 350...1400 МН/м² (35...140 кгс/мм²);

- $K = 2,5$ для кольорових металів та сплавів з очікуваною твердістю 80...350 МН/м² (8...35 кгс/мм²).

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У цій таблиці представлені значення відбитків, отриманих за допомогою кульки діаметром $D = 10$ мм. Якщо випробування проводились з кульками $D = 5$ мм чи $D = 2,5$ мм, то отримане значення d під час вимірювань слід збільшити відповідно у 2 чи 4 рази, і отримане число приймається за приведений діаметр відбитка. Значення твердості знаходять в одному з трьох стовпців, які відповідають навантаженням $P = 30D^2$, $P = 10D^2$, $P = 2,5D^2$.

Метод Брінелля не дозволяє досліджувати матеріали з твердістю більшою за HB 450, а також вимірювати твердість тонкого поверхневого шару (товщиною менше 1-2 мм). Метод Роквелла (згідно з ГОСТ 9013-74) базується на вдавлюванні алмазного конуса з кутом при вершині 120° (чи сталевій кульки діаметром 1,588 мм) під дією навантаження P в поверхню досліджуваного зразка. Навантаження P застосовується до зразка на трьох стадіях (див. рис.29).

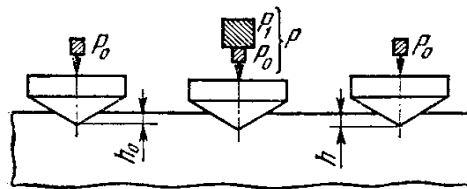


Рисунок 29 - Схема вдавлювання алмазного конуса за методом Роквелла

На першій стадії до зразка застосовується початкове навантаження $P_0 = 100$ Н, індентор заглиблюється в зразок на глибину h_0 . На другій стадії зразок навантажується повним навантаженням $P = P_0 + P_1$.

При втисканні алмазного конуса до нього застосовується повне навантаження P , яке становить 600 Н або 1500 Н при вдавлюванні алмазного конуса і 1000 Н при вдавлюванні кульки. Індентор заглиблюється в зразок на глибину h_1 .

На третій стадії навантаження P_1 знімається, зразок залишається під навантаженням P_0 , і положення індентора фіксується на глибині $h = h_1 - h_0$. Різниця між глибинами проникнення індентора в зразок на першій та третій стадіях характеризує твердість металу. За одиницю твердості приймається величина, яка відповідає переміщенню кульки чи конуса на глибину 0,002 мм.

Твердість за Роквеллом в умовних одиницях вимірюють за допомогою

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приладу TP 5006, який за принципом дії є важільно-механічним пресом (рис.28) та додатково оснащений індикатором, за допомогою якого визначають значення твердості.



Рисунок 30 - Зовнішній вигляд приладу, який працює за методом Роквеллу (TP 5006)

Відповідно до навантажень на індикаторі приладу є шкали: чорні А і С та червона В. Шкалою А користуються при вимірюванні твердості виробів з дуже твердим поверхневим шаром (після цементації, азотування, а також твердих сплавів з твердістю до HRA 85). Шкала С використовується для вимірювання твердості загартованих сталей з твердістю до HRC 67. Шкалу В використовують при вимірюванні незагартованих сталей, кольорових металів та сплавів з твердістю до HRB 100.

Для вимірювання твердості досліджуваній зразок встановлюють на предметний столик 2. Обертаючи штурвал 1 за годинниковою стрілкою, піднімають зразок до дотику його з алмазним конусом чи кулькою. При подальшому обертанні починають рухатись мала і велика стрілки індикатора 4, і створюється попереднє навантаження, яке дорівнює 100 Н. Коли мала стрілка збігається з червоною точкою на циферблаті, обертання штурвала припиняють і

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

циферблат індикатора повертають так, щоб нульова поділка чорної шкали С стала проти кінця великої стрілки (і відповідно проти поділки 30 червоної шкали В). Червона шкала В зміщена відносно нульової поділки чорної шкали С на 30 поділок.

Звільнивши рукоятку 5, надають їй можливості плавно рухатись до упора. Таке переміщення рукоятки забезпечує дію на зразок основного навантаження. Час дії основного навантаження – 5...7 с. Потім рукоятку приладу плавно переводять у вихідний стан і тим знімають додаткове навантаження, але залишають попереднє. Велика стрілка рухається по циферблату за годинниковою стрілкою. Цифра, на яку вказує велика стрілка, і є шукане значення твердості за Роквеллом. Повертаючи маховик проти годинникової стрілки, опускають столик приладу зі зразком, знімаючи при цьому попереднє навантаження. За число твердості приймають середнє арифметичне значення, яке одержане для трьох вимірювань.

При вимірюванні твердості алмазним конусом з загальним навантаженням 1500 Н чи 600 Н користуються чорною шкалою С чи А, значення твердості позначають відповідно HRC або HRA і визначають за формулою:

$$\text{HRC (HRA)} = 100 - e, \quad (3.19)$$

$$e = \frac{h_k - h_0}{0,002} \text{ мм.}$$

При використанні кульки та навантаження $P = 1200 \text{ Н}$ твердість позначають HRB і визначають за шкалою червоного кольору В, та за формулою:

$$\text{HRB} = 130 - e. \quad (3.20)$$

Твердість за Роквеллом записують літерами та числовим значенням, наприклад, HRC 42, HRA 64, HRB 83, де HR – твердість за Роквеллом, яку визначили, відповідно, за шкалами С, А, В, а цифри вказують кількість одиниць

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

твердості за цими шкалами. Твердість за Роквеллом є безрозмірною величиною. Метод Роквелла відрізняється простотою та високою продуктивністю, дозволяє досліджувати метали і сплави низької та високої твердості, з товщиною до 0,8 мм. Цей метод не використовують для сплавів з неоднорідною структурою, таких, як чавун.

3.8 Вимірювання твердості зразків

Твердість визначається як здатність матеріалу протистояти механічному проникненню сторонніх тіл. Це визначення твердості, суттєво повторює визначення міцності. Під час втискування гострого предмету в матеріал виникають місцеві пластичні деформації, що подальше супроводжується місцевим руйнуванням. Таким чином, показник твердості пов'язаний із показниками міцності та пластичності і залежить від конкретних умов випробування.

Найбільш поширеними методами вимірювання твердості є методи Брінелля та Роквелла. У першому випадку в поверхню досліджуваної деталі вдавлюється сталевий кулька діаметром 10 мм, у другому - алмазна піраміда. За розміром одержаного відбитку судять про твердість матеріалу. Випробувальна лабораторія зазвичай має експериментально складену таблицю, за допомогою якої можна приблизно визначити межу міцності матеріалу відповідно до показника твердості. Таким чином, за допомогою випробувань на твердість можна визначити показники міцності матеріалу, не руйнуючи деталі[28, стр. 172].

У нашому випадку твердість зразків визначалася методом Роквелла. Зразки з різною термообробкою, а саме:

- без термообробки;
- Термообробка при 180 °С;
- Термообробка при 420 °С;
- Термообробка при 560 °С;

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Термообробка при 760 °С.

Всі результати вимірювань заносяться в таблиці. Діаметр відбитку визначається за виразом:

$$d = 0.315 \cdot n \quad (3.21)$$

твердість визначається за формулою :

$$H_{\mu} = 1.8544 \left[\frac{Q}{d^2} \right] \quad (3.22)$$

де Q - сила втискування піраміди, кг

Таблиця 3.4 Визначення твердості зразків із сталі У8 при 760 °С

№	Q	n	d	H_{μ}
1	5	14	3,84	587
2	11	16	4,98	789
3	21	22	6,97	819
4	31	26	8,45	788
5	41	27	9,55	840
6	51	28	10,77	774
7	81	42	14,7	646
8	110	49	15,76	747
9	160	59	19,5	749
10	220	61	22,5	749

Таблиця 3.5 Визначення твердості зразків із сталі при термообробці 560 °С

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№	Q	n	d	H_{μ}
1	6	21	6,94	196
2	11	21	8,167	276
3	21	31	9,46	416
4	31	47	14,46	266
5	41	49	15,13	328
6	51	55	16,8	338
7	81	61	18,98	418
8	102	79	24,58	308
9	152	98	31,17	288
10	202	103	32,14	358

Таблиця 3.6 Визначення твердості зразків із сталі при термообробці 440 °С

№	Q	n	d	H_{μ}	$\alpha_{\sigma} = 3 - n$	H'_{μ}
1	5	1,1	4	58	1,9	745
2	12	1,7	6	552	1,86	1025
3	22	1,7	7,62	482	1,75	845
4	32	1,7	9	472	1,65	785
5	42	1,689	11,62	412	1,62	675
6	52	1,673	13,8	383	1,59	615
7	82	1,689	15,71	353	1,6	585
8	102	1,637	25	315	1,4	465
9	152	1,669	30,71	313	1,4	455
10	202	1,717	34,3	303	1,46	445

Таблиця 3.7 Визначення твердості зразків із сталі при термообробці 185 °С

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№	Q	n	d	H_{μ}
1	5	11	3,47	784
2	11	15,6	4,87	774
3	21	21,6	6,77	804
4	31	26,6	8,37	794
5	41	31	9,47	834
6	51	34,6	10,8	785
7	81	46	14,7	694
8	102	53	15,75	747
9	152	63	19,5	734
10	202	72	22,5	734

Таблиця 3.8 Визначення твердості зразків із сталі без термообробки

№	Q	n	d	H_{μ}
1	5	28	8,59	127
2	10	38	11,09	157
3	20	38	12,49	247
4	30	48	14,59	267
5	40	58	17,99	237
6	50	68	20,49	227
7	80	81	25,3	237
8	100	93	28,88	227
9	150	113	34,55	237
10	200	135	43,26	197

4 Безпека та екологічність проекту

4.1 Технологічні характеристики об'єкта

У цій підсумковій кваліфікаційній роботі складається проектна технологія нанесення зміцнюючих покриттів на інструменти. В якості інструментів розглядаються плашки і ріжучі інструменти.

При побудові технології проектування було прийнято рішення використовувати технологію остаточного плазмового гартування. Процес проектування істотно відрізняється від основного процесу нанесення твердіючих покриттів. Зміна технологічного процесу в порівнянні з основним зварювальним процесом може привести до появи нових небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які негативно позначаються на здоров'ї персоналу і навколишньому середовищі [24].

Процес проектування істотно відрізняється від основного зварювального процесу. Операції змінювалися відповідно до технологічної схеми. Використовується обладнання, відмінне від основного технологічного обладнання [10].

У зв'язку з цим необхідно провести дослідження особливостей технологічного процесу проектування, спрямованого на виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів, в свою чергу, дозволить запропонувати технологічні та організаційні заходи щодо усунення негативного впливу цих факторів або зниження їх впливу до прийняттого рівня [11].

Крім того, підвищення екологічної відповідальності виробничих підприємств зумовлює необхідність проведення додаткових технологічних та організаційних заходів, спрямованих на зниження негативного впливу виробництва на навколишнє середовище (атмосферу, гідросферу та літосферу) [3].

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 - Технологічний паспорт технічного об'єкта

Найменування операції запропонованого технологічного варіанту	Позиція виконавця	Обладнання, необхідне для реалізації запропонованого технологічного варіанту	Допоміжні матеріали і речовини, необхідні для запропонованої технологічної операції
1) Перевірка деталей штамп	Дефектоскоп	Вимірювання інструмент.	Рукавиці
2) Підготовка деталей штампів до застосування зміцнюючі покриття	Слюсар	Металева щітка, ганчір'я.	Рукавиці МЛ-51
3) Запуск пристрою	Електрозварювальник	Устаткування для ФПУ	Рукавиці, СЕТОЛ 1, СЕТОЛ 2.
4) Виконання покриття	Електрозварювальник	Устаткування для ФПУ	Рукавиці, СЕТОЛ 1, СЕТОЛ 2.
5) Контроль якості роботи загартованих штампів	Дефектоскоп	Набір для візуального огляду, шаблони	Рукавиці

Аналіз даних, наведених у таблиці 4.1, дає можливість додатково виявити небезпечні та шкідливі виробничі актори, що виникають під час реалізації технології проектування.

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

4.2 Систематизація професійних ризиків

Розгляд операцій технологічного процесу в напрямку пошуку небезпечних і шкідливих факторів дозволить систематизувати фактори для подальшого аналізу, таблиця 4.2. Виробничі травми і захворювання виникають через вплив на організм працюючих небезпечних і шкідливих факторів. Якщо після короткого періоду дії з'являється пошкодження організму - це травма. Для появи професійного захворювання потрібна дія шкідливого фактора протягом тривалого часу, місяців, років. У будь-якому випадку після систематизації професійних ризиків необхідно буде розробка переліку заходів, технічних та організаційних, нейтралізувати вплив ризиків на організм людини [24].

Таблиця 4.2 – Систематизація професійних ризиків

Назва операції	Виявлений небезпечний або шкідливий фактор, що загрожує життю і здоров'ю виробничого персоналу	Виробничі об'єкти, які є джерелом небезпечних або шкідливих факторів
1	2	3
1) Перевірка деталей штампів	- кромки, задирки і шорсткості на поверхнях заготовок, інструментів і обладнання; - рухомі машини і механізми; рухомі частини виробничого обладнання; - підвищена запиленість і загазованість повітря в робочій зоні.	Інструменти управління

<p>2) Підготовка штампованих деталей до затвердіння покриттів</p>	<ul style="list-style-type: none"> - кромки, задирки і шорсткості на поверхнях заготовок, інструментів і обладнання; - рухомі машини і механізми; рухомі частини виробничого обладнання; - підвищена запиленість і загазованість повітря в робочій зоні; - підвищена напруга в електричному ланцюзі, яка може бути замкнута через тіло людини 	<ul style="list-style-type: none"> - блок обладнання ФПУ-111; - джерело струму УФПУ-110 				
<p>3) Зміцнююче покриття</p>	<ul style="list-style-type: none"> - кромки, задирки і шорсткості на поверхнях заготовок, інструментів і обладнання; - рухомі машини і механізми; - рухомі частини виробничого обладнання; - підвищена запиленість і загазованість повітря в робочій зоні; - підвищена напруга 	<ul style="list-style-type: none"> - універсальне монтажне оснащення; - затиск; - квадрат; - лінійка; - блок обладнання УФПУ-111; - джерело струму УФПУ-110 				
<p>4) Операція контролю якості загартованої матриці</p>	<ul style="list-style-type: none"> - кромки, задирки і шорсткості на поверхнях заготовок, інструментів і обладнання; - рухомі машини і механізми; рухомі частини виробничого обладнання; - підвищена запиленість і загазованість повітря в робочій зоні; - підвищена напруга в електричному ланцюзі. 	<ul style="list-style-type: none"> - Інструменти управління 				
<p>Змн.</p>	<p>Арк.</p>	<p>№ докум.</p>	<p>Підпис</p>	<p>Дата</p>	<p>MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ</p>	<p>Арк. 64</p>

Подальший аналіз цих факторів дозволить запропонувати для кожного з них стандартні технологічні та організаційні заходи, які дозволять усунути дію цих факторів або знизити їх дію до прийняттого рівня.

4.3 Методи і засоби зниження професійних ризиків

Раніше проводилося виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів, сукупна або окрема дія яких призводить до виникнення професійних ризиків.

Для зниження впливу небезпечних і шкідливих факторів на організм працівників промисловості використовується комплекс організаційно-технічних заходів [14].

Технологічні та організаційні заходи, що реалізуються на підприємстві, представлені в таблиці 4.3. Як видно з цієї таблиці, запропоновані заходи є стандартними, розробка спеціалізованих засобів захисту не потрібна.

Перш за все, необхідно періодично пояснювати причини виникнення небезпечних і шкідливих факторів і методи боротьби з ними. Крім того, різного роду плакати, розвішані на видних місцях, щодня нагадують співробітникам про боротьбу з небезпечними і шкідливими факторами і причини їх виникнення. Все це організаційні заходи. До технічних заходів відносяться різні види бар'єрів, що встановлюються навколо небезпечного місця, запобіжні пристрої, які спрацьовують при перетині працівником небезпечного місця [15]. Також для нейтралізації можуть використовуватися засоби індивідуального захисту, до яких відносяться спеціальний одяг, виготовлений для нейтралізації небезпечного або шкідливого фактора, різні види масок, рукавички, спеціальне взуття, засоби засоби індивідуального захисту [16].

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 – Інструменти та методи, що використовуються для зменшення впливу негативних умов праці

Виявлений небезпечний або шкідливий фактор, що загрожує життю і здоров'ю виробничого персоналу	Організаційно-технічні засоби нейтралізації виявлених небезпечних і шкідливих факторів.	Засоби, що нейтралізують небезпечний або шкідливий фактор при розміщенні безпосередньо на робітника.
1	2	3
1) кромки, задирки і шорсткості на поверхнях заготовок, інструментів і обладнання.	4) на видних місцях розвішуються плакати та інформаційні стенди з правилами поведінки в тій чи іншій ситуації; 5) вступні та періодичні інструктажі з техніки безпеки	Комбінезон, рукавички.
2) рухомі машини і механізми; рухомі частини виробництва та обладнання;	4) паркани та огорожі; 5) розміщення інформаційних плакатів і табличок у відведених місцях 6) Монтаж запобіжних пристроїв	Комбінезони, рукавички
3) підвищена запиленість і загазованість повітря в робочій зоні;	1) місцеві витяжні установки; 2) загальнообмінні вентиляційні пристрої; 3) організація загальноцехової вентиляційної системи, що забезпечує, в цілому, видалення і забір повітря ззовні	Захисні маски

4) Підвищена напруга в електричному ланцюзі.	3) організація захисного заземлення; 4) періодичні інструктажі з електробезпеки; 5) вимірювання опору ізоляції провідників; 6) вимірювання опору ланцюга заземлення	Комбінезони, рукавички
5) Підвищена температура поверхонь обладнання та матеріалів	4) проведення інструктажів з техніки безпеки з персоналом; 5) виведення виробничого персоналу з місця розташування даної небезпеки за рахунок механізації та автоматизації процесу	Комбінезони, рукавички
6) Інфрачервоне випромінювання	7) Екранування небезпечних зон 8) Скорочення часу експозиції негативний фактор на оператора установки ФПУ	Спецодяг.

Запропоновані в роботі заходи дозволяють значно знизити кількість травматизму особового складу при реалізації технології проектування. Це також значно знижує ймовірність виникнення професійних захворювань серед персоналу.

4.4 Забезпечення пожежної безпеки на виробничому майданчику

При реалізації технології проектування існує ризик піддати персонал і майно підприємства пожежонебезпечності. Для того, щоб запропонувати заходи захисту

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заходи, перераховані в таблиці 4.4, зможуть забезпечити захист персоналу і майна підприємства від можливої пожежі.

4.5 Екологічна безпека розробленого технічного об'єкта

Реалізація технологічного процесу проектування призводить не тільки до виникнення небезпечних і шкідливих виробничих факторів, а й значно погіршує екологічну обстановку через негативний вплив на навколишнє середовище (атмосферу, гідросферу і літосферу). В ході даного розділу необхідно виявити шкідливі фактори зовнішнього середовища, що виникають при реалізації технології проектування [18]

Таблиця 4.5 – Систематизація факторів, що негативно впливають на навколишнє середовище

Найменування технологічного процесу	Перелік операцій, технологічний процес	Фактори, що чинять негативний вплив на атмосферу	Фактори, що чинять негативний вплив на гідросферу	Фактори, що мають негативний вплив на літосферу
Покриття фінішним плазмовим гартуванням.	Контроль стану поверхні інструменту, рідина SETOL 1, SETOL 2, покриття	"Виділення на процес горіння полум'я, аерозолів, частинок сажі та газоподібні частинки» [14]	"Хімічні речовини, SETOL 1, SETOL 2.	«Пакувальний матеріал з матеріалів, сміття – побутові та промислові» [14].

можуть використовуватися засоби індивідуального захисту, до яких відносяться спеціальний одяг, виготовлений для нейтралізації небезпечного або шкідливого фактора, різні види масок, рукавички, спеціальне взуття.

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Організаційно-технічні і економічні розрахунки

5.1 Проектування ділянки для ремонту, відновлення та підвищення зносостійкості

5.1.1 Розрахунок кількості обладнання

Кількість верстатів на ділянці за операціями визначається за формулою

$$C_p = \frac{N \cdot \sum T_{ш.к.}}{F_{эф} \cdot 60 \cdot K_N}; \quad (5.1)$$

де $\sum T_{ш.к.}$ – сумарний час на операції, яку виконують на однотипному обладнанні;

$F_{эф}$ - ефективний фонд часу за рік роботи обладнання, $F_{эф} = 1998$ год.;

K_N - коефіцієнт використання виробітку, $K_N = 1,0$;

N - річна програма $N = 5000$ шт.

Кількість верстатів, яка необхідна

Операція 020 $C_{p025} = \frac{5000 \cdot 1,158}{1998 \cdot 60 \cdot 1,0} = 0,05$,

Приймаємо $C_{p025} = 1$.

Коефіцієнт завантаження верстата K_z , визначаємо за формулою

$$K_{zi} = \frac{C_p}{C_n}, \quad (5.2)$$

$$K_{z025} = \frac{0,05}{1,0} = 0,05 = 5\%.$$

На інші операцій розрахунки проводимо аналогічно і результати вносимо в таблицю 5.1.

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Розрахунок кількості верстатів на ділянці і їх завантаження

№ операції	Назва	Модель верстата	T _{ш.к.} , хв	C _p	C _п	Коеф. завант., К _з
02.5	Внутрішліфувальна	3К22	1,159	0,07	1,0	0,06
03	Відновлювальна	СПМ - 1	26,21	1,07	1,0	1,08
04	Внутрішліфувальна	3К22	2,208	0,07	1,0	0,07
04.5	Внутрішліфувальна	3К22	0,887	0,07	1,0	0,07
			30,46	1,17	4,0	0,28

На підставі розрахунків розробимо відомість основного технологічного обладнання та вносимо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Зведена відомість основного технологічного обладнання

Назва верстатів	Модель верстата	Кільк. верстатів	Габаритні розміри. мм	група обладнан.	Потужність електродвигуна.кВт		Оптов а ціна одного верстата	Витрати на монтаж. грн	Балансова вартість всього обладнання. грн
					Одного	Всіх			
Внутрішліфув.	3К22	2	2500x149	сер	4	8	6502	976	22426
Напилювач	СПМ	2	1870x112	дріб	5	7	1762	266	2026
		2				16			24446

										Арк.
										73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ					

5.1.2 Визначення виробничої площі

Виробнича площа визначається на підставі даних про кількість основного устаткування, що використовується та питомої площі на одиницю такого устаткування, яка складає для дрібних верстатів - $H_1 = 10\text{м}^2$, для середніх - $H_2 = 20\text{м}^2$.

Виробнича площа $S_{\text{вир}}$, обраховується за формулою

$$S_{\text{вир}} = \sum C_i \cdot H_i, \quad (5.3)$$

де $\sum C_i$ - кількість верстатів в групі на ділянці,

H_i - питома площа на один верстат в групі.

$$S_{\text{вир}} = 10 \cdot 1 + 20 \cdot 3 = 70\text{м}^2.$$

Допоміжна площа $S_{\text{доп}}$, обраховується за формулою

$$S_{\text{доп}} = (0,3 \dots 0,35) \cdot S_{\text{вир}}, \quad (5.4)$$

$$S_{\text{доп}} = 0,35 \cdot 70 = 24,5\text{м}^2.$$

Загальна площа ділянки обраховується за формулою

$$S_{\text{заг}} = S_{\text{вир}} + S_{\text{доп}}, \quad (5.5)$$

$$S_{\text{заг}} = 70 + 24,5 = 94,5\text{м}^2.$$

Об'єм будівлі обраховується за формулою

$$V_{\text{б}} = S_{\text{заг}} \cdot h, \quad (5.6)$$

де h - висота будівлі, $h = 6\text{м}$.

$$V_{\text{б}} = 94,5 \cdot 6 = 567\text{м}^3.$$

Ціна будівлі визначається за формулою

$$Ц_{\text{б}} = Ц_{\text{м.куб.}} \cdot V_{\text{б}}, \quad (5.7)$$

де $Ц_{\text{м.куб.}}$ - ціна одного кубометра будівлі, $Ц_{\text{м.куб.}} = 250$ грн .

$$Ц_{\text{б}} = 250 \cdot 567 = 141750\text{грн}.$$

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1.3 Вибір транспортних засобів

Вибір транспортних засобів визначається характером, масою, розмірами деталей, масштабами виробництва, організацією робіт та розмірами будівлі.

Враховуючи масу деталі, та тип виробництва серійний, приймаємо в якості транспортних засобів візки. На 4 верстатів прийmemo 4 візків. Вартість одного візка 66 грн. Вартість усіх, враховуючи транспортні і монтажні витрати

$$C_{\text{віз}} = 4 \cdot 60 + \left(\frac{4 \cdot 60}{100} \cdot 15\right) = 276 \text{ грн.}$$

5.1.4 Розрахунок кількості робітників

Кількість основних робітників дільниці обраховуємо

$$P_o = \frac{T_{\text{ш.к.}} \cdot N}{60 \cdot \Phi_{\text{еф}}}, \quad (5.8)$$

де $\Phi_{\text{еф}}$ - ефективний фонд часу роботи працівника, $\Phi_{\text{еф}} = 1820$ год.

Для більшої зручності обробки даних розрахунки вносимо у таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок кількості основних робітників

Назва операції	T _{ш.к.} , хв	Кількість робітників	
		P _{оп}	P _{оп}
02.5 Внутрішліфувальна	1,159	0,07	1
03 Відновлення	26,3	1,18	1
04 Внутрішліфувальна	2,206	0,12	1
04.5 Внутрішліфувальна	0,887	0,05	1

Складемо зведену відомість основних робітників і вносимо в таблицю 5.4.

5.1.5 Проектування ділянки ремонту

Організація розташування робочих місць на ділянці обумовлена різноманітністю її розмірів, виробничого характеру, специфіки виробництва, а також обсягу виробничих приміщень, розмірів та маси оброблюваних заготовок.

При проектуванні ділянки враховують відстані між верстатами, організацію головних та допоміжних проходів, розміщення транспортних засобів, а також зон для зберігання заготовок і деталей. Розташування верстатів обирається таким чином, щоб вони відповідали послідовності технологічних операцій. Для здійснення ремонтних робіт передбачено одноповерховий будинок шириною 12 метрів та міжколонний промір 24 метри. Для кожного верстата визначено простір для зберігання та складування заготовок. Під час складання плану враховано найкоротший технологічний шлях та розташовано верстати так, щоб мінімізувати транспортування оброблюваних заготовок на ділянці.

Планування розміщення обладнання на ділянці відповідає встановленим нормам щодо відстаней між обладнанням та елементами будівлі, а також враховано ширину проходів та проїздів [12, стр. 301].

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

Метою підсумкової кваліфікаційної роботи є економія матеріальних ресурсів за рахунок зміцнення і збільшення терміну служби інструменту. Для досягнення поставленої в проекті мети були вирішені наступні завдання:

- був обраний спосіб гартовування замість використовуваного;
- для обраного методу гартування підібрані технологічні режими та зварювальні матеріали;
- розроблено технологічний процес, заснований на запропонованому способі гартування;
- відпрацьовано захист виробничого персоналу та навколишнього середовища від небезпечних і шкідливих факторів;

Питання операцій по продовженню терміну служби оснастки стає все більш актуальним. Зміцнення покриттям дає можливість забезпечити виконання ресурсозберігаючих та енергозберігаючих заходів. Це пов'язано з тим, що витрати на зміцнення заходів покриттям в кілька разів менше, ніж витрати на придбання нових деталей.

Для складних і дорогих деталей, таких як оснащення, технології зміцнення покриттів можуть застосовуватися неодноразово, що збільшує термін їх служби в кілька разів.

Капітальний ремонт обладнання передбачає повне розбирання механізму, ремонт деталей, що підлягають відновленню, збірку і пробний запуск. При цьому необхідно забезпечити високу надійність роботи обладнання після капітального ремонту, для чого необхідно підтримувати високий рівень ремонту на підприємстві технологій, які відповідають світовому рівню. Необхідно впроваджувати нові перспективні методи відновлення деталей машин, автоматизувати і механізувати операції технологічного процесу.

При проведенні ремонтних робіт технічних установок вартість запасних частин може становити 50... 70% вартості самої установки. При цьому вартість

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відновлення тих же запчастин в більшості випадків не перевищує 30... 50% від ціни нового з порівнянним терміном служби. Звідси випливає висновок про ефективність застосування передових технологій ремонту при відновленні деталей машин, які дозволяють зниження витрат на капітальний ремонт технологічного обладнання на 30... 40%.

Аналіз можливих варіантів дозволив зупинити свій вибір на технологічному процесі остаточного плазмового гартування. В якості обладнання пропонується використовувати блок апаратури БА-УФПУ-111 і джерело струму УФПУ-110. При мінімальній витраті дорогих рідин, таких як SETOL-1 і SETOL-2, дане обладнання дозволяє значно збільшити термін служби інструменту з покриттям.

В результаті реалізації проектного варіанту технологічного процесу очікується підвищення продуктивності праці і зниження собівартості виробу на 1,9%.

					<i>MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						79
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Література

1. Альошин Н.П., Лисак В.І., Лук'янов В.Ф. Сучасні методи зварювання: Учеб. надбавка. М.: Видавництво БМДТУ. 2011. 59 с.
2. Альошин Н.П. Фізичної Методи Неруйнівне перевірка зварних з'єднань. М.: Машинобудування. 2006. 368 с. .
3. Берлін Ю.І., Балашов Ю.А. Технологія хімічного та нафтового апарату. М., Видавництво «Машинобудування», 1976. – 256 с. .
4. Васильєв В.І., Іллященко Д.П. Разработка етапов технології при аркової сварки ф'югель: учебное пособие [Розробка технології стадій дугового зварювання плавленням: підручник]. Томськ: Видавництво ТПУ, 2008. – 96 с. .
5. Виноградов Б.С. Технологічна підготовка виробництва зварних конструкцій у машинобудуванні. М.: Машинобудування. 1981. 224 с. .
6. ДСТУ [15830-84 Обробка металів тиском. Штампи. Терміни та визначення. М Опубл., 1984. 18 с. .](#)
7. Іванов В.П. Технологія та обладнання для відновлення деталей машин. Мінськ: Техноперспектива. 2007. 458 с. .
8. Колганов Л. А. Зварювальне виробництво. Підручник. Ростов-на-Дону: Фенікс, 2002. 512 с. .
9. Косінцев В.І. Основи проектування хімічних виробництв і устаткування / В.І. Косинцев [і д.т.н.] – Томськ: Томський політехнічний університет, 2013. – 395 с. .
10. Рібаков В.М. Дугове та газове зварювання: Учеб. Для середовищ Професійно-технічне училище. - 2-ге вид. Москва: Висш. Школа, 1986. – 208 с.
11. Зварювання та різання в промисловому будівництві. Під редакцією Малишева Б.Д. - М.: Строїздат. 1977. 780 с.
12. Технологічний інструкція "Фінішна пряма плазмове зміцнення інструментів, оснастки та інших виробів». – Санкт-Петербург, ТОВ «НВФ «Плазмоцентр», 2007 – 35 с.

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Фатхутдінов, Р.А. Організація Виробництво: Підручник. М, ІНФРА Публ., 2001. 672 с. .

14. Циганова Є.С. Технологія та обладнання для ремонту трубчастого пучка теплообмінника. – 2020. – 64 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13202> (дата звернення 24.05.2021).

15. Черноіванов В.І., Голубев І.Г. Реставрація деталей машин. М, ФНГУ Росінформагротех, 2010. – 376 с. .

16. Альблом Б. Кисень та його роль у визначенні мікроструктури та в'язкості металу зварного шва. Сучасний огляд. Передруковано в Довіднику ASM. АСМ Інтернешнл. Міжнародний інститут зварювання ім. 1984. Т. 6. Док.No IX-1322.

17. Крессвелл Р. А. Гази та газові суміші при зварюванні MIG та TIG // Зварювання та виготовлення металів. – 1972. – 40, No 4. – С. 114–119.

18. Ділті У., Рейсген У., Стенке В. та ін. Schutzgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, No 2. – С. 118–123.

19. Діксон К. Вибір захисного газу для GMAW сталей // Зварювання та виготовлення металів. – 1999. – No 5. – С. 8–13.

20. Еванс Г. Мікроструктура і властивості зварних швів феритної сталі, що містять Ti і В. // Зварювальний журнал.72 (8). 1996. С. 251-260.

21. Шилян В., Вейпін Х., Боганг Т. Підвищення в'язкості зварного металу шляхом додавання рідкоземельних елементів. Міжнародне зварювання 3. 1986. С. 284- 287.

22. Цубой Дж., Терасіма Х. Огляд міцності та в'язкості мікролегованих родовищ Ti та Ti-В (en) Зварювання у світі. Le Soudage dans le monde. 1983. Том 21. Кількість. 11/12. Посилання: 33. Р. 304-317.

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					MP TAM 23. 22381. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82