

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»

Підвищення якості поверхонь деталей за рахунок
напилення композиційних покриттів при
відновленні корпусу

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМм-21
Степанюк Володимир Анатолійович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«___» _____ 2024 р.

к.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:
Четвержук Тарас Іванович

(підпис)

Луцьк – 2024 року

Луцький національний технічний університет

Факультет Транспорту та механічної інженерії

Кафедра Прикладної механіки та мехатроніки

Другий (магістерський) рівень

освітньо-професійної програми «Прикладна механіка»

Спеціальність 131 Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Р. РЕДЬКО

“ _____ ” _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Степанюка Володимира Анатолійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Підвищення якості поверхонь деталей за рахунок напилення композиційних покриттів при відновленні корпусу», керівник кваліфікаційної роботи магістра Божко Тетяна Євгенівна к.т.н., доц. каф. ПМіМ затверджені наказом вищого навчального закладу від «30» грудня 2023 р., № 452/01-02
2. Строк подання студентом роботи 1.12.2024 р.
3. Вихідні дані до роботи: звіт з переддипломної практики, технічна документація корпусу УСК-08.01.005, креслення деталі корпусу УСК-08.01.005, нормативні дані.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Загальна частина. 2. Технологічна частина. 3. Конструкторська частина. 4. Наукова частина.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення ремонтне деталі корпус УСК-08.01.005 1л - ф.А1; Патрон токарний складальне креслення 1л - ф.А1; Пристрій для контролю складальне креслення 1л - ф.А2; Схема ТП дефектації 1л - ф.А2; Аналіз способів відновлення 1л - ф.А2.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

01.07.2024 р.

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів виконання кваліфікаційної роботи магістра	Примітка
1.	Загальна частина	22.10.2024	
2.	Конструкторська частина	1.11.2024	
3.	Технологічна частина	12.11.2024	
4.	Наукова частина	22.11.2024	
5.	Представлення роботи до захисту	29.11.2024	
6.	Електронний варіант кваліфікаційної роботи магістра		

Студент

_____ (підпис)

Степанюк В.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Божко Т.Є.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Проведені аналітичний огляд та патентні дослідження показали, що довговічність техніки, її техніко-економічні показники багато в чому визначаються довговічністю відновлених поверхонь. Тому підвищення довговічності корпусних деталей за рахунок напилення є досить актуальною задачею.

В роботі встановлено склад та технологічні параметри напилення композиційних покриттів комплексним методом на сталевій та алюмінієвій матрицях і введенням частинок порошків карбідів вольфраму або титану, а також металів молібдену та титану.

Розроблено технологічний процес відновлення корпусу. Спроектовано пристрій для розточування. Спроектовано пристрій для контролю співвісності.

Ключові слова: відновлення, напилення, композиційні покриття.

ANNOTATION

The conducted analytical review and patent research have shown that the durability of technology, its technical and economic indicators are largely determined by the durability of the restored surfaces. Therefore, increasing the longevity of body parts by spraying is a very topical task.

The composition and technological parameters of composite coating sputtering by a complex method in steel and aluminum matrixes and the introduction of particles of tungsten or titanium carbide powders, as well as molybdenum and titanium metals were established.

The technological process of housing restoration is developed. A softening device was designed. The device for control of coherence is designed.

Key words: restoration, spraying, composite coatings.

ЗМІСТ

стр.

	Вступ.....	5
1	Загальна частина.....	7
1.1	Стан питання та постановка задач магістерської роботи.....	7
1.2	Характеристика об'єкта виробництва, службове призначення	18
1.3	Характеристика забруднень і вибір способів очищення.....	19
1.4	Дефектування деталі.....	21
2	Технологічна частина.....	26
2.1	Вибір та технологічне обґрунтування методів відновлення поверхонь деталі.....	26
2.2	Формування маршруту технологічного процесу відновлення деталі.....	29
2.3	Розрахунок припусків	31
2.4	Розрахунок режимів різання.....	35
2.5	Нормування технологічного процесу.....	37
3	Конструкторська частина.....	42
3.1	Пристрій для горизонтально-розточної операції.....	42
3.2	Пристрій для контролю співвісності отворів.....	51
4	Наукова частина.....	53
4.1	Вибір матеріалів, металорізального обладнання, різальних інструментів і вимірювальних приладів.....	53
4.2	Технологічне обґрунтування складу композиційних покриттів і вплив технологічних параметрів процесу електродугового напилення композиційних покриттів на їх властивості.....	56
	Висновки.....	63
	Список використаних джерел.....	65
	Додаток.....	70

ВСТУП

Актуальність проблеми. Дослідженнями останніх років і виробничою практикою встановлено, що більшість деталей ремонтваних машин вибраковується унаслідок незначного зносу робочих поверхонь, що становить не більш 1% початкової маси деталей. Якщо врахувати, що до моменту списання автомобілів для повторного використання шляхом відновлення придатно 65-75% деталей, то організація відновлення зношених деталей є не тільки важливим резервом задоволення потреби народного господарства запасними частинами, але і істотним резервом підвищення якості ремонту, а також зниження витрат матеріальних і трудових ресурсів.

Проведені аналітичний огляд та патентні дослідження показали, що довговічність техніки, її техніко-економічні показники багато в чому визначаються довговічністю відновлених поверхонь. Тому підвищення довговічності корпусних деталей за рахунок напилення є досить актуальною задачею.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення якості поверхонь відновлених деталей за рахунок напилення композиційних покриттів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- шляхом аналізу літературних джерел виявити доцільність використання методу електродугового напилення композиційних покриттів при відновленні деталей;

- встановити склад та технологічні параметри формування композиційних покриттів комплексним методом на сталевій та алюмінієвій матрицях і введенням частинок порошків карбідів вольфраму або титану, а також металів молібдену та титану.

Об'єктом дослідження - технологічний процес відновлення корпусу.

Предмет дослідження – Підвищення якості поверхонь деталей електродуговим напиленням композиційних покриттів при відновленні корпусу насадки нижньої.

Методи досліджень. Теоретичні дослідження проводилися на основі наукових положень технології машинобудування, теорії різання матеріалів,

системного аналізу, методів оптимізації. Експериментальні дослідження проводилися з використанням фізичного моделювання, сучасних методик математичного планування експерименту.

Наукова новизна. Встановлено склад та технологічні параметри формування композиційних покриттів комплексним методом на сталевій та алюмінієвій матрицях і введенням частинок порошків карбідів вольфраму або титану, а також металів молібдену та титану.

Апробація роботи. Основні положення і результати роботи доповідались і обговорювались на наукових семінарах кафедри “Прикладна механіка”.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Стан питання та постановка задач магістерської роботи

Перспективним є відновлення деталей нанесенням покриттів робочих поверхонь деталей матеріалами заданих властивостей. Для цього, в основному, застосовують електрохімічні методи та газотермічні.

«Електрохімічними методами наносять хромові, нікелеві та композиційні з використанням нікелевої матриці»[15, 16]. Ці покриття дозволяють підвищити зносостійкість деталей, але вони спричиняють наводнення поверхневих шарів металу, вимагають високої технологічної культури.

«Методи газотермічного напилення поширені в промисловості та швидко розвиваються в науковому і технічному плані. Вони ґрунтуються на процесі нагрівання або розтоплення металевих, керамічних та полімерних матеріалів і їх розпилення на поверхні деталей з метою отримання покриттів як з мономатеріалів, так і з композиційних матеріалів»[15, 16].

Джерелом тепла для термічного нагрівання матеріалів, які розпиляють, служить: газокисневе полум'я, електрична дуга, плазмова дуга, детонаційне горіння паливно-кисневої суміші. Менш поширеними способами нагрівання є, наприклад, струми високої частоти, імпульсні електричні розряди.

«За допомогою газополуменевого напилення отримують покриття товщиною від 0,075 до 2,5 мм і більше. Газополуменеві покриття наносять за допомогою порошкових або дротових апаратів»[15].

«При напиленні порошковим газополуменевим апаратом напилювальний порошок поступає з живильника в центральне сопло і прискорюється струменем транспортуючого газу. На виході із сопла він попадає в струмінь газового полум'я, де відбувається його нагрівання і перенесення на робочу поверхню деталі» [16].

При «дротовому» напиленні витратний матеріал подають, аксіально або під кутом, до вихідного зрізу сопла газополуменевого апарата, де він розтоплюється в полум'я газополуменевого факела. Також струмінь диспергує розтоплений матеріал дроту на дрібні частинки та переносить на поверхню деталі, формуючи на ній покриття.

«Для подачі дротів використовуються спеціальні подаючі механізми пневматичної або електромеханічної дії. Діаметр дротів знаходиться в межах 3-7 мм і визначається властивостями розпилюваного матеріалу та потужністю апарату. За аналогічною схемою виконується напилення вихідного матеріалу у вигляді стрижня або гнучкого шнура»[16].

До переваг газополуменевого напилення можна віднести компактну і просту апаратуру, низький рівень шуму, можливість роботи в польових умовах. Основними недоліками є: вибухонебезпечність горючих сумішей, низький рівень тепломісткості і швидкості витікання струменів, наявність окислювальної атмосфери середовища, необхідність використання додаткового обладнання і матеріалів (ацетиленові генератори, кисневі балони, карбід кальцію), які являють собою небезпеку при проведенні робіт в пожежонебезпечних місцях.

«Відомий також метод високошвидкісного газополуменевого напилення покриттів із порошків різноманітних матеріалів: карбідів, оксидів, інтерметалідів, а також металів. Формування покриття відбувається із частинок порошку, які рухаються із надзвуковою швидкістю»[15].

«Установки для нанесення покриттів можуть бути побудовані на класичній схемі реактивних двигунів, а також із застосуванням в установках сопла Лавалю. Це забезпечує отримання керамічних, металокерамічних, жаростійких, зносостійких покриттів високої щільності та підвищеної міцності зчеплення з основою. Товщина покриття сягає 0,3 мм.

Варто зазначити, що даний метод формування характеризується низьким температурним впливом на матеріал основи (температура поверхні до 150 °С).

Модифікацією методу є використання повітря замість кисню, що здешевлює процес і сприяє подальшому зниженню температури»[15].

«Спосіб плазмового напилення полягає в утворенні на поверхні деталі покриття, яке формується з частинок матеріалу, який розпилюють, котрим надають певну теплову та кінетичну енергію. Джерелом енергії виступає струмінь дугової плазми, яка є частково або повністю іонізованим газом, сумарний заряд частинок якого (іонів та електронів) дорівнює нулю. Поряд з зарядженими частинками в плазмі можуть бути неіонізовані атоми та молекули. Плазма підкоряється

більшості газових законів, однак на відміну від газу вона є електропровідною та взаємодіє з магнітним полем. Температура плазмового струменя коливається в межах від 5000 °С до 55000 °С, а швидкість його витікання з сопла плазмотрона – 1000...2000 м/с. Частинки матеріалу, що розпилюється, прискорюються плазмою до швидкостей 150...200 м/с і вище. Метод універсальний і дозволяє наносити покриття з різних матеріалів: метали, карбіди, оксиди, бориди. Витратні матеріали, з яких формують покриття при плазмовому напиленні, можуть бути у вигляді порошків, дротів, гнучких шнурів»[16].

При напиленні покриттів із порошків у однодугових плазмотронах порошок подають із живильника в радіальному напрямку на різних ділянках плазмового розпилювача. Порошок вводять в плазмовий струмінь нижче зрізу сопла, на зріз сопла або безпосередньо в сопло. В двохструминних і трифазних розпилювачах застосовують осьову подачу порошку [20].

«Підвищення якості плазмових покриттів забезпечують захисною атмосферою. Поширеним є також використання захисних соплових насадок для утворення закритого простору для зони напилення і заміни повітря плазмоутворюючим або захисним газом»[20]. Застосовують також спеціальні плазмотрони із профільними каналами сопел та напилення в динамічному вакуумі [20].

«Детонаційне напилення використовується для отримання захисних покриттів із порошків різних матеріалів (металів та їх сплавів, боридів, оксидів, нітридів тощо) або їх композицій»[18].

Процес детонаційного напилення швидкісний – за одну секунду здійснюється 3-4 вибухи. За один цикл напилення забезпечується формування шару товщиною до 6 мкм, а максимальна товщина покриття може скласти 0,2– 0,3 мм.

Найбільш істотними недоліками детонаційного напилення є висока вартість обладнання і значний шум під час роботи установки, необхідність великогабаритного обладнання, яке встановлюється стаціонарно.

«Серед методів газотермічного напилення вигідно вирізняється електродугове напилення (електродугова металізація – ЕДМ) при якому формування покриттів відбувається в результаті плавлення дротів-електродів в

результаті горіння між ними електричної дуги, яка виникає при подачі потенціалу на два або три дрових електрода, що рухаються за допомогою спеціальних механізмів подачі електродугового металізатора» [18, 15]. Диспергування розтопленого металу виконується потоком стисненого повітря або іншим газом, яке подається із сопла через дугу. Цей же потік виконує транспортування краплин металу до поверхні деталі-цілі.

Відомо, що електрична дуга при ЕДМ якісно мало чим відрізняється від електричної дуги при звичайній зварці електродами, які плавляться, та підкоряється принципу саморегуляції. «Для дуг, які виникають при використанні змінного струму, притаманні циклічні етапи горіння, згасання та повторного загартування. Для дуг постійного струму при належному виборі джерела струму та технологічних режимів процесу напилення характерне стійке горіння без будь-яких перерв. За рахунок термічної іонізації температура дуги досягає 6000 °С» [15].

«Газова система транспортування забезпечує швидкість польоту частинок розтопленого металу до 150 м/с і більше, а їх розміри коливаються в досить широких межах – 10...100 мкм» [21].

При використанні в якості електродів дровів з двох різних металів можна отримувати покриття з їх сплавів [20]. «Для розширення технологічних можливостей електродугового методу нанесення покриттів застосовують подачу третього, або декількох дровів із різних матеріалів» [10], які можуть мати різні швидкості подачі. Композиційні покриття отримують також застосовуючи полідроти (сформовані із декількох різних електропровідних матеріалів).

Основними напрямками застосування цієї технології є створення антикорозійних покриттів з алюмінію та цинку на сталевих виробках, відновних сталевих покриттів на спрацьованих поверхнях циліндричних або плоских деталей, антикорозійних або жаростійких шарів, а також декоративних мідних, бронзових, латунних покриттів. Головними недоліками даного методу є досить велика дисперсність напилюваних частинок, суттєве вигорання деяких хімічних елементів, окислювання нанесеного металу, що призводить до неоднорідності покриттів, а головне – обмежена номенклатура матеріалів для розпилення: всі вони повинні бути струмопровідними.

Для подолання останнього, найбільш суттєвого недоліка, було запропоновано використовувати порошкові дроти (трубка із електропровідного матеріалу, заповнена всередині шихтою із різних матеріалів та сполук [15]) для одержання відновних і захисних композиційних покриттів. Зокрема, заслуговують на увагу розробки, виконані у Фізико-механічному інституті імені Г. В. Карпенка НАНУ [20].

«Для ефективного використання технології напилення із застосуванням порошкових дротів розробниками було також сконструйовано сучасні розпилюючі системи для електрометалізаційних апаратів, які дозволили збільшити швидкість розпилюючого потоку, зменшити тепловий вплив на компоненти дротів та збільшити міцність зчеплення покритті з основою до 50...60 МПа»[20], що наближається до значень характерних для плазмового напилення. Застосування порошкових дротів із спеціальною шихтою на основі карбідів та боридів, феросплавів, порошоків металів та оксидів дозволяє одержувати високолеговані покриття різного призначення. Склад та фізико- механічні властивості покриття визначаються компонентами, використаними при створенні порошкового дроту. Тут також слід відзначити ефективність шихтових матеріалів, які у процесі плавлення викликають протікання екзотермічних реакцій, які забезпечують високу температуру розтоплених частинок шихти, що сприяє якісному протіканню фізико-хімічних процесів взаємодії частинок в місці контакту з їх основою та забезпечує їх міцне зчеплення.

Виготовлення композитних та порошкових дротів є складним технологічним процесом і тому вони мають високу вартість. До недоліків процесу електродугового напилення покриттів з використанням порошкових дротів слід віднести певні труднощі регулювання необхідного співвідношення компонентів, що входять до їх складу. Крім цього застосування таких дротів не дозволяє отримувати покриття із наперед заданими хімічним складом та фізико-механічними властивостями по товщині напиленого шару, що ускладнює їх подальшу механічну обробку.

Основні характеристики отримуваних різними методами покриттів [20] наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Порівняльні характеристики металізаційних процесів та утворених покриттів [20]

Тип напилення	Швидкість частинок, м/с	Адгезія, МПа	Пористість покриттів, %	Продуктивність, кг/год	Переважаюча товщина покриття, мм
Газополуменеве	40	<8	10...15	1...10	0,2...10
Плазмове	200...300	20...70	5...10	1...5	0,2...2
Надзвукове газополуменеве	600...1000	>70	1...2	1...5	0,2...2
Електродугове	100	10...30	5...10	6...60	0,2...10

Аналіз наведених у табл. 1.1 характеристик металізаційних процесів та властивостей утворених покриттів показує, що серед розглянутих методів напилення електродуговий є самим простим і в той же час найбільш високопродуктивним.

«Метод електродугової металізації дозволяє наносити на робочі поверхні виробів захисні покриття різного функціонального призначення і вирізняється високою продуктивністю, простотою технологічного обладнання, можливістю широкого застосування засобів автоматизації. Такі особливості роблять електродугову металізацію доступною для ефективного промислового використання, причому практика показує, що сфера застосування її постійно розширюється, як в силу вказаних переваг, так і за рахунок впровадження нових технічних рішень, що розширюють технологічні можливості вказаного способу. До останніх можна віднести використання порошкових дротів»[20], формування композиційних покриттів із матеріалу дротів та порошоків, які вводять із живильника в металоповітряний потік.

Аналіз патентних джерел та науково-технічної літератури, присвячених дослідженню ЕДМ за вказаними напрямками, показує на необхідність подальших досліджень. Це пов'язано з практично відсутністю у вивчених джерелах інформації про шляхи забезпечення транспортування частинок порошку в центр зони

напилення при ЕДМ, що стримує розроблення технології та обладнання для напилення композиційних покриттів електродуговим методом із матеріалу суцільних дротів-електродів та частинок порошку, введених із живильника. Реалізація такого методу формування композиційних покриттів дозволить отримувати покриття з необхідною кількістю шарів. Наприклад, робочий композиційний шар, а верхній – технологічний – формувати з матеріалу сталевих суцільних дротів, що полегшить подальшу механічну обробку деталей з покриттями.

Ряд публікацій [16] присвячено дослідженню руху частинок при плазмовому напиленні та їх нагрівання, але задача вивчення умов введення порошку в металоповітряний потік при електродуговій металізації практично не висвітлена. Тому відсутня інформація щодо технологічних параметрів такого процесу для ефективного формування композиційних покриттів.

Розробка технології формування покриттів електродуговим напиленням проводилась як корпоративними, так і індивідуальними дослідниками.

Аналіз цін на електродугові металізатори в Україні показав, що їх вартість коливається в межах 6000 – 20000 грн/шт, залежно від моделі та модифікації. Ціна металізаторів зарубіжного виробництва складає 5000 – 30000 €/шт. Ціна установок для плазмового напилення стартує від 10000 \$ і, залежно від комплектації, сягає 100000 \$.

Вартість розхідних матеріалів для напилення, за даними ТзОВ МНВЦ "Епсілон ЛТД" складає (за 1 кг):

- порошок дріт з дрібнодисперсним карбідом вольфраму – 173,65 \$;
- карбід вольфраму (порошок) для газотермічного напилення, фракція 40- 70 мкм – 149,30 \$;
- карбід титану (порошок) для газотермічного напилення, фракція 80- 200 мкм – 112,50 \$;
- дріт сталевий холодноотягнутий, діаметром 2 мм – 8,94 \$.

Очевидно, що вартість обладнання для електродугової металізації значно нижча порівняно з плазмовим, що створює передумови до ширшого її застосування для відновлення деталей бурового і нафтогазового обладнання, вирішуючи при

цьому проблему відносно нижчих показників якості покриттів, отриманих електродуговим методом (табл. 1.1).

Існує ряд технологій для покращення якісних показників покриттів, нанесених методами газотермічного напилення [13-15]. Для покращення експлуатаційних властивостей деталей з електродуговими покриттями рекомендують застосовувати комплексні методи, які засновано на поєднанні з різними способами поверхневого зміцнення деталей. Для покращення властивостей покриттів застосовують низку технологічних методів: термообробку, поверхневе пластичне деформування, просочування хімічними розчинами, дифузійну металізацію [14], гальванічну обробку напилених покриттів [16], плазмове або лазерне оплавлення покриттів [18, 20].

Поряд з вказаними традиційними методами в останній час все більше поширення в даній сфері знаходять електрофізичні методи обробки газотермічних покриттів, такі як лазерна обробка, анодно-механічна обробка та електроімпульсне зміцнення. Ці види обробки газотермічних покриттів надають останнім високу твердість, зносостійкість, корозійну та термостійкість, розширюють можливі сфери їх застосування.

1.2 Характеристика об'єкту виробництва, службове призначення, ТУ

Корпусні деталі призначені для розміщення в них складальних одиниць і деталей. Вони повинні забезпечувати сталість точності відносного положення деталей і механізмів, як в статичному стані, так і при експлуатації машини, тому володіють достатньою жорсткістю. Корпусні деталі мають основні базують поверхні, як правило, у вигляді площин, якими вони приєднуються до станини та іншим корпусам.

Є допоміжні базуючі поверхні - отвори і площини. Отвори корпусних деталей поділяють на основні (точні) і допоміжні. Перші служать опорами валів і підшипників. Другі призначені для монтажу болтів, маслюк та ін.

Корпус виготовляють з Сталь 50Л . Хімічний склад та механічні властивості сталі наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Хімічний склад та властивості сталі

Марка сталі	Вміст елементів, % (вагові)						Механічні властивості			
	C	Si	Mn	Cr	Ni	інші	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
Сталь 50Л	0,46	0,30	0,66	0,16	0,17	Cu– 0,05	410	680	19	61

Технологічні властивості сталі:

Термообробка: Нормалізація 860 - 880°C, Отпуск 600 - 630°C,

Твердість матеріалу: НВ 10^{-1} = 159 - 240 МПа

Зварюваність матеріала: обмеженої зварюваності. Потребує попереднього нагріва і слідуючої термообробки.

Температура початкового затвердіння, °C: 1490

Показник сколюваності, $K_{т.у.}$: 0,5

Схильність до утворення усадочних раковин, $K_{у.р.}$: 1,1

Текучість, $K_{ж.т.}$: 1,1-1,2

Лінійна усадка, %: 1,9

1.3 Характеристика забруднень і вибір способів очищення

При роботі на корпусі і в корпусі формуються такі типи забруднень: маслянисто-грязьові, технологічні, продуктами корозії і мастильними матеріалами.

- маслянисті-грязьові відкладення утворюються при попаданні дорожнього пилу і бруду на замаслені поверхності машин. Можливо і зворотнє явище, коли на покриті дорожньої брудом поверхні потрапляє масло і, просочуючи бруд, як би склеює її частки. Основну масу таких забруднень змивають струменем води під тиском 0,3 ... 0,5 МПа.
- для видалення лакофарбових покриттів застосовують концентровані лужні розчини та спеціальні змивки.
- технологічні забруднення утворюються на поверхні деталей машин в процесі їх ремонту. До них відносяться: металева стружка, залишки притиральних паст, продукти зносу і т. Д.

Технологічні забруднення містять в своєму складі і тверді абразивні зерна, які накопичуються зазвичай у глухих відгалуженнях внутрішніх поверхонь, звідки їх дуже важко видалити. Тим часом при роботі машин і агрегатів ці забруднення з часом вимиваються, потрапляють в робочий потік і призводять до інтенсивного зносу тертьових сполучень деталей машин.

Продукти корозії утворюються в результаті хімічного або електрохімічного руйнування металів і сплавів. На поверхні сталевих і чавунних деталей утворюється плівка червонувато-бурого кольору - гідрат окису заліза. Для видалення продуктів корозії найчастіше приміняють інгібовані розчини кислот.

Масильні матеріали найбільш поширений вид забруднення. В процесі експлуатації машин масильні матеріали виносять значні зміни в результаті їх окислення і полімеризації. Ступінь того, що відбувається при цьому старіння таких матеріалів залежить від температурно-часових факторів роботи агрегатів машин.

У нашому випадку, для такої деталі, як корпус, характерні типи забруднень:

- лакофарбові покриття;
- продукти корозії;
- олійно-грязюві.

Для зменшення негативного впливу технологічного процесу очищення деталі основний упор зробимо на механічну очистку, для чого спочатку зробимо очищення корпусу за допомогою м'якої металевої щітки і дрантя. Для остаточного очищення використовуємо струминну високонапірну очищення деталі після вимочування.

Як використовуваного обладнання приймаємо: машина мийна «Керхер HD-790S», брансбойт з можливістю регулювання кута розпилу струменя. Характеристика «Керхер HD-790S»:

- тиск - 150 бар .;
- подача - 12,5 л / хв .;
- температура - 600 с .;
- потужність - 4,7 кВт;
- напруга - 3 × 380 В .;
- маса -25,5 кг;

Основні параметри очищення: засіб миючий УМОС, концентрація - 10-20 г/л, температура $T = 50..60$ °С, час $t = 7 \dots 8$ хв.

Очистити деталь від забруднень (компресор СО-7Б). Обдуги і просушити вал проміжний коробки зміни передач.

Контроль якості очищення - візуальний із застосуванням паперової серветки.

1.4 Дефектування деталі

Для усунення кожного дефекту повинен бути обраний раціональний спосіб, тобто технічно обгрунтований і економічно доцільний.

Раціональний спосіб відновлення деталей визначають, користуючись критеріями: технологічним (вживаності), технічним (довговічності) і техніко-економічним (узагальнюючим).

Технологічний критерій характеризує принципову можливість застосування декількох способів відновлення, виходячи з конструктивно-технічних особливостей деталі або певних груп деталей. До їх числа відносяться: геометрична форма і розміри, матеріал, термічна або інший вид поверхневої обробки, твердість, шорсткість поверхні і точність виготовлення деталі, характер навантаження, вид тертя і зносу, розміри зносу.

На сьогоднішній день є багато способів відновлення різьблення, більшість з яких зводиться до розсвердлювання під більший діаметр з наступним нарізуванням нової. Однак, це не завжди виправдано і можливо.

Найпростіший і ефективний метод відновлення пошкоджених різьб за допомогою дротяних різьбових вставок.

Дротові різьбові вставки являють собою спіраль з ромбічним профілем високої точності, таким же, як у різьблення. Виготовляються різьбові вставки з самих різних матеріалів. Найбільш поширені вставки з високоякісної нержавіючої сталі, що дозволяє забути про корозії.

Різьбові вставки мають певну кількість витків. Стандартно випускаються вставки 1D, 1,5D, 2D, 2,5D, 3D. Це означає, що довжина вставки дорівнює одному діаметру, двом діаметрам і так далі.

Найбільшого поширення в світі отримали вставки забезпечені установочними язичком, хоча випускаються і пружинні дотові вставки іншої конструкції. Установчий язичок служить тільки для установки вставки в попередньо підготовлений отвір і легко обламується після установки, завдяки спеціальному надрізу. При ремонті різьблення в глухих отворах обламувати язичок зовсім не обов'язково.

Розглянутий метод відновлення різьблення в отворі загально визнаний найбільш дешевим з усіх існуючих і підходить нам для відновлення різьблення (дефект 4).

У корпусі внутрішні поверхні (дефект 1) відновлюємо електродуговим напиленням.

«Електродугове напилення дозволяє наносити покриття з будь-яких металів і сплавів незалежно від їх твердості. Це, а також низька температура деталі при обробці створюють сприятливі умови для напилення шару металу на зношених, загартованих поверхнях. Електродуговим напиленням відновлюють шийки осей опорних ковзанок, посадочні місця під підшипники на валах, стакани підшипників, шийки під підшипники на осях і інші аналогічні поверхні деталей в нерухомих і перехідних посадках» [18, 15].

«При зіткненні електрода (анода), закріпленого в затискачах вібратора, з поверхнею деталі (катода) утворюється іскровий розряд, який переносить метал з анода на катод. Перенесення металу протікає в повітрі і на відміну від установок для прошивальних робіт не вимагає застосування робочих рідин і ванн.

Зносостійкість і втомну міцність деталей машин, зміцнених електродуговим способом, в значній мірі залежить від застосовуваних режимів і зміцнюючого матеріалу» [18].

Для електродугового напилення металу на деталі використовують установки УПР-3М, ЕФД-46А.

Зовнішню поверхню (деф. 2,3) в корпусі відновлюємо вібродуговим наплавленням, її перевага незначна по глибині зона термічного впливу, висока стійкість і зносостійкість покриття, висока продуктивність процесу, можливість

отримання покриття різної товщини і механічних властивостей, а так само зробимо місцеву загартування (термічну операцію ТВЧ).

Зазвичай в практиці застосовують машинні генератори з частотою 500-15000 Гц і лампові генератори з частотою понад 106 Гц (глибина гарту при таких частотах виходить до 2 мм). «Індуктори виготовляють з мідних трубок, усередині яких безперервно циркулює вода, завдяки чому вони самі не нагріваються. Форма індукторів відповідає зовнішній формі виробу, при цьому необхідно дотримувати постійну відстань між індуктором і поверхнею виробу. Кожна установка має комплект індукторів. Нагрів деталі ТВЧ відбувається за 3-5 с. Після нагріву в індукторі деталь швидко переміщається в спеціальний охолоджувальний пристрій, через отвори якого на нагріту поверхню розбризкується гартівна рідина (іноді нагріті деталі скидаються в гартівні баки) високої швидкості нагріву зміщує фазові перетворення в область більш високих температур. Крім того, внаслідок нетривалих витягів дифузія вуглецю не встигає відбутися і в нинішньому аустеніті спостерігається неоднорідність його розподілу. Щоб прискорити дифузійні процеси, підвищують температуру нагрівання. Тому температура гарту при нагріванні ТВЧ для однієї і тієї ж сталі повинна бути вище, ніж при звичайному нагріванні» [15].

При правильному режимі виходить дрібноголковий або неструктурний мартенсит, який має меншу крихкість і підвищену міцність. Твердість підвищується на 2-3 одиниці в порівнянні зі звичайним загартуванням, а також зростає зносостійкість і межа витривалості, який може збільшуватися в 1,5-2 рази. Оскільки при нагріванні ТВЧ серцевина виробу нагрівається нижче АС1 перед загартуванням для поліпшення властивостей його піддають нормалізації. Найбільш доцільно використовувати цей метод для нагріву виробів з вуглецевих сталей, що містять більше 0,40% С. Для легованих сталей нагрів ТВЧ, як правило, рідко застосовують, так як одне з їхніх переваг - глибока прокалка легованих сталей - при такому методі не використовується.

«Переваги методу ТВЧ - висока продуктивність, відсутність виходу вуглецю і окислення поверхні деталі, можливість регулювання і контроль режиму термічної обробки, а також повної автоматизації всього процесу. Гартівні агрегати можна

встановлювати безпосередньо в потокової лінії механічного цеху. Тому загартування ТВЧ застосовують для деталей масового виробництва (пальці, валики, шестерні та ін.). Щоб уникнути можливого крихкого руйнування зубів шестерень, їх виготовляють зі спеціальних вуглецевих сталей зниженою прокалки 55 ПП (0,55% С), що містять марганцю <0,2% і кремнію 0,1-0,3%. Зуби шестерень прогривають наскрізь, але гартується тільки поверхневий шар товщиною 1-2 мм»[15].

«Нагрівання ТВЧ дозволяє проводити загартування окремих ділянок деталей - шийки колінчастих валів, кулачків розподільних валів, головки рейок і ін. Недоліком є висока вартість індукційних установок і індукторів (для кожної деталі свій індуктор), тому цей метод економічно доцільно використовувати тільки при масовому виробництві однотипних деталей простої форми. Полум'яне поверхнєве загартування застосовують головним чином для загартування виробів з великою поверхнею, при індивідуальному виробництві і ремонті, іноді для гарту сталевих і чавунних прокатних валків. Нагрівання виробів здійснюється полум'ям газових або киснево-ацетиленових пальників. При нагріванні виробів з великою поверхнею пальника з охолоджуючим пристроєм переміщаються уздовж виробу або виріб рухається, а нагрівальний пристрій нерухомий. Товщина загартованого шару при цьому способі нагріву виходить рівної 2-4 мм. До недоліків методу слід віднести складність регулювання температури нагріву, а звідси можливість сильного перенагріву. Нагрів виробів перед загартуванням в розплавлених металах або солях також є одним із способів поверхневого гарту. Цей спосіб застосовують при загартуванню дрібних деталей простої геометричної форми, виготовлених в невеликих кількостях» [16].

Для кожного обраного способу дається комплексна якісна оцінка за значенням коефіцієнта довговічності K_d , що визначається за формулою:

$$K_d = K_i + K_v + K_{сц},$$

де K_i , K_v і $K_{сц}$ - коефіцієнти зносостійкості, витривалості і зкріплення покриттів;

Вибродугове наплавлення:

$$K_d = 1,1 \times 0,8 \times 1 = 0,88$$

Установка різьбової спіральної вставки:

$$K_0 = 1 \times 0,9 \times 1 = 0,9$$

Електроіскрове нарощування:

$$K_0 = 1,1 \times 0,8 \times 1 = 0,88$$

З числа способів, відібраних за критерієм застосованості, до подальшого аналізу приймаються ті, які забезпечують коефіцієнт відновлення довговічності не менше 0,8.

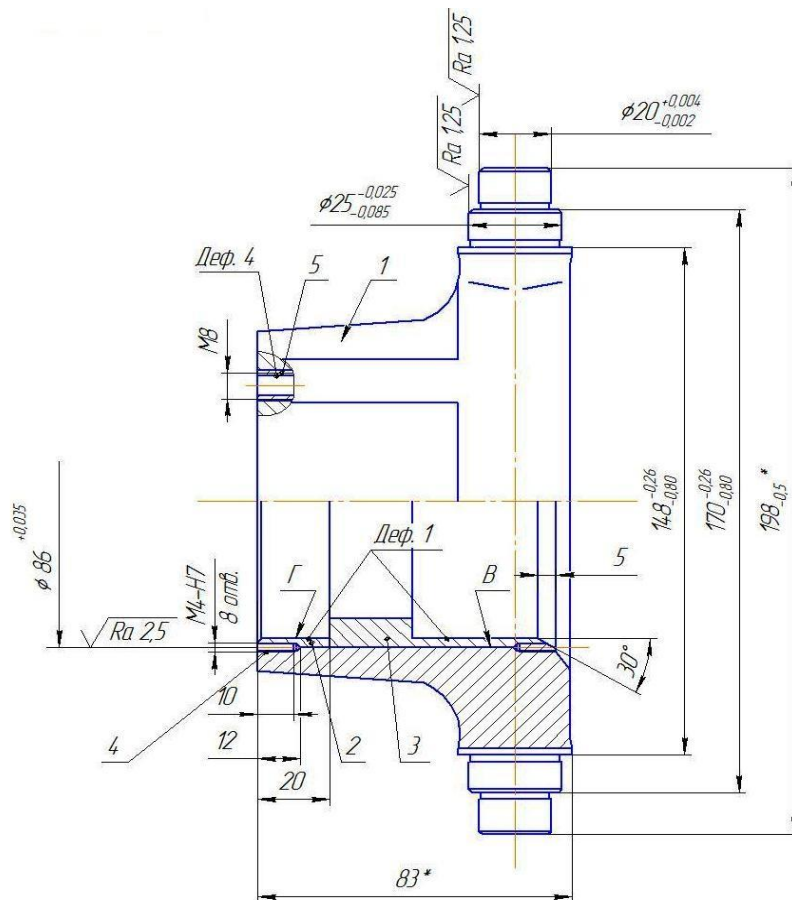


Рисунок 1.1 – Ремонтне креслення корпусу

Висновки:

1. На основі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність використання методу електродугового наплення композиційних покриттів завдяки технологічності, універсальності, можливості нанесення покриттів значної товщини при відновленні деталей.

2. Недостатньо інформації щодо шляхів вибору технологічних параметрів для забезпечення транспортування частинок порошку в центр зони наплення при

електродуговому напиленні композиційних покриттів із суцільних дротів та частинок порошку, введених із живильника в металоповітряний потік.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Вибір та технологічне обґрунтування методів відновлення поверхонь деталі

Всі дефекти, що розглядаємо відносяться до поправних. Тобто дані дефекти можливо і доцільно ремонтувати.

Типовими дефектами корпусів, які з'являються в результаті тертя, динамічних навантажень є:

- порушення конструкційної цілісності деталей через тріщини, обломи;
- збільшення розмірів робочих поверхонь деталей, їх маси та обсягу через фізичне зношування;
- зміна просторової геометрії деталей і складальних одиниць через динамічні навантаження;
- зниження механічних і експлуатаційних властивостей матеріалу деталі через зміни його хімічного складу, структури;
- порушення цілісності або властивостей покриттів, що захищають елементи машин від агресивного впливу навколишнього середовища.

Вибір способів і засобів контролю

Таким чином, для забезпечення виконання даного ряду технічних вимог необхідно проаналізувати можливі способи відновлення і вибрати з них найбільш підходящі за критеріями якості, продуктивності та економічної ефективності. Правильно підібрати обладнання, оснащення та інструмент.

«Вимірювальне обладнання та інструмент призначені для вимірювання лінійних і кутових величин. Їх поділяють на заходи, калібри і універсальні вимірювальні засоби» [1].

У ремонтному виробництві краще використовувати універсальний вимірювальний інструмент і прилади зі шкалами, за якими відраховуються безпосередньо за шкалою вимірювального приладу.

«При виборі засобу вимірювання необхідно враховувати його метрологічні характеристики (ціна і інтервал ділення шкали, точність відліку, похибка і межі вимірювання), а також точність виготовлення вимірюваного елемента деталі (після

допуску). Для виявлення прихованих дефектів, перевірки твердості, контролю взаємного положення елементів деталей використовують спеціально призначені для цього прилади та пристосування, такі як дефектоскопи, магнітні, ультразвукові, люмінесцентні прилади, твердоміри і т.д» [1].

Залежно від того, наскільки вірно і оптимально підібраний вимірювальний інструмент, застосований в процесі дефектації, можна судити про якість та ефективність самого процесу дефектації.

Аналізуючи існуючі методи дефектації і експлуатаційні дефекти корпусу можна прийти до висновку, що найоптимальнішим методом виявлення поверхневих дефектів є візуально-оптичний. Наявність тріщин і обломів визначається візуально із застосуванням лупи. Для дефектації корпусу поверхні мікрометр МК-100-0,01 ГОСТ 6507-98, штангенциркуль ШЦК-1-150-0,02 ГОСТ 166-89, застосуються нутромер індикаторного типу НІ-10-18-1 ГОСТ 868-82. Для дефектації різьблення М8 застосуємо калібр різьбовий М8 × 1.25-6Н ГОСТ 2016.

Технологічний маршрут дефектації

При дефектації виконують такі операції:

- 1) зовнішній огляд, виявлення тріщин і обломів;
- 2) контроль зовнішніх поверхонь корпусу - мікрометр МК-100-0,01 ГОСТ 6507-78, штангенциркуль ШЦК-1-150-0,02 ГОСТ 166-89;
- 3) контроль внутрішніх поверхонь корпусу - мікрометричний нутромер НМ600 ГОСТ 10-88;

Таблиця 2.1 – Характеристика вимірювальних інструментів

Назва інструмента	Ціна ділення, мм	Допуски на виготовлення деталі, мм
нутромер індикаторного типу НІ-10-18-1 ГОСТ 868-82.	0.01	0.03 і більше
калібр різьбовий М8×1.25-6Н	-	-
мікрометр МК-100-0,01 ГОСТ 6507-78	0,01	-

штангенциркуль ШЦК-1-150-0,02 ГОСТ 166-89	0,02	-
---	------	---

2.2 Формування маршруту технологічного процесу відновлення деталі

Згідно результатів дефектування і технології відновлення дефектів складаємо план операцій відновлення корпусу:

005 Сверлильна Виконуються операції з свердління 4 отворів діаметром 10мм.

010 Різьбонарізна. Нарізаємо різьблення мідчиком метричним.

015 Слюсарна. Встановлюємо спіральну різьбову вставку з внутрішнім різьбленням М8.

020 Токарна. Точимо зношену поверхню для подальшого наплавлення.

025 Наплавочна. Наплавляти попередньо підготовлену поверхню.

030 Токарна. Точимо поверхню до номінальних розмірів

035 Термічна. Загартування поверхні (50 ... 51 HRC).

040 Напилювальна. Напилюємо внутрішню поверхню корпусу.

045 Розточувальна. Розточуємо поверхню.

050 Контрольна. Перевіряємо якість ремонту.

Сверлильна операція проводиться на вертикально-свердлильному верстаті 2Н135.

Технічна характеристика верстата:

- найбільший умовний діаметр свердління - 35 мм;
- число частот обертання шпинделя - 12;
- межі частот обертання шпинделя - 31,5-1400 хв-1;
- число подач - 9;
- межі подач - 0,1-1,6 мм / об.

Пристосування і інструмент. Конус шпинделя ГОСТ 25557-82 морзе 4, свердло ГОСТ 2034-80, штангенциркуль ШЦК-1-150-0,02 ГОСТ 166-89.

Різьбонарізна проводиться мідчиком для нарізки різьблення ГОСТ 1188-82, контроль якості калібр різьбовий М10Ч1.5-6Н.

Слюсарна. Установка різьбової спіральної вставки ГОСТ 10657-80, різьбонакатчик ОР-5526 ГОСНИТИ, калібр різьбовий М8Ч1,25-6Н.

Токарна операція проводиться на токарно-гвинторізний верстатах 16К20 різцем 2103-0023 Т15К6 ГОСТ 18879-73.

$n = 1185$ об/хв, $V_p = 188$ м/хв, $S = 0,35$ мм/с.

Наплавочна операція проводиться вібродуговою установкою УД-144 і наплавним дротом Нп-30ХГСА:

$I = 80 \dots 300$ А, $U = 20 \dots 25$ В, $d = 2 \dots 3$ мм, $n = 8 \dots 14$ хв⁻¹, $S = 1,7 \dots 3$ мм/об, $A = 4$ мм.

Токарна операція проводиться на токарно-гвинторізних верстатах 16К20 різцем 2103-0023 Т15К6 ГОСТ 18879-93.

$n = 1185$ об/хв, $V_p = 188$ м/хв, $S = 0,35$ мм/с.

Термічна. Установка ИЗВ-1-650 для поверхневого гарту ТВЧ циліндричних і плоских поверхонь.

Технічна характеристика:

$t = 3-5$ с, $f = 5000-10000$ Гц, $T = 730-7700$ С.

Гартівне середовище - вода.

Напилювальна. Установка для електродугового напилювання ЕФД-46А.

Технічна характеристика:

- номінальна напруга 220 В;
- напруга на електродах робоча 21-48 В;
- напруга на електродах допоміжна 40-75 В;
- сила струму короткого замикання 4,5 А;
- сила струму робоча 1,5-2,5 А;
- час обробки 1см² поверхні 2-7 хв.

Пристосування і інструмент. Установка для електродугового напилювання ЕФД-46А, електрод 20Х13 ГОСТ 9466-95, нутромер індикаторного типу НІ-1018-1 ГОСТ 868-92.

Розточувальна. Горизонтально-росточний верстат 2А620Ф2-1

Технічна характеристика верстата:

- діаметр висувного шпинделя - 90 мм;

- розміри робочої поверхні столу - 1120 × 1250 мм;
- число частот обертання шпинделя - 23;
- межі частот обертання шпинделя - 10-1600 хв-1;
- число подач - 31;
- межі подач: столу і бабки - 1,25-1250 мм / хв;
- висувного шпинделя - 2-2000 мм / хв;
- радіального супорта - 0,8-800 мм / хв.

Пристосування і інструмент. Шпиндель ГОСТ 17528-92, супорт ГОСТ 2110-93, планшайба ГОСТ 235-97, розточна пластина ГОСТ 28101, нутромер індикаторного типу НІ-1018-1 ГОСТ 868-82.

Контрольна. Стіл для дефектації деталей ОРТ-1468-01-080А, штангенциркуль ШЦК-1-150-0,02 ГОСТ 166-89, нутромер індикаторного типу НІ-10-18-1 ГОСТ 868-82, калібр різьбовий М8Ч1.25-6Н, мікрометр МК-100-0,01 ГОСТ 6507-78.

2.3 Розрахунок припусків

Розрахунок припусків аналітичним способом проводимо для поверхні $\varnothing 80^{+0,06}$. Призначення припусків на всі інші поверхні проводимо, згідно з ГОСТ 26645-85.

«Значення мінімального значення припуску визначимо за формулою:

$$2Z_{\min i-1} = 2\left(R_{Z_{i-1}} + T_{l_{i-1}} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right),$$

де $Z_{\min i-1}$ - мінімальний припуск і-того переходу;

$R_{Z_{i-1}}$ - висота нерівностей на (i-1)-му переході;

$T_{l_{i-1}}$ - глибина дефектного шару, отримана на (i-1)-му переході;

ρ_{i-1} - просторове відхилення, отримане на (i-1)-му переході;

ε_i - похибки базування, закріплення, встановлення на і – му переході»[1];

Технологічний маршрут оброблення поверхні $\varnothing 80^{+0,06}$ складається з таких переходів:

- 1) розточування чорнове;
- 2) розточування чистове;

Всі переходи виконуються на одній операції 040, розрахунок припусків на оброблення отвору $\text{Ø}80^{+0,06}$ наведемо у таблиці 2.2.

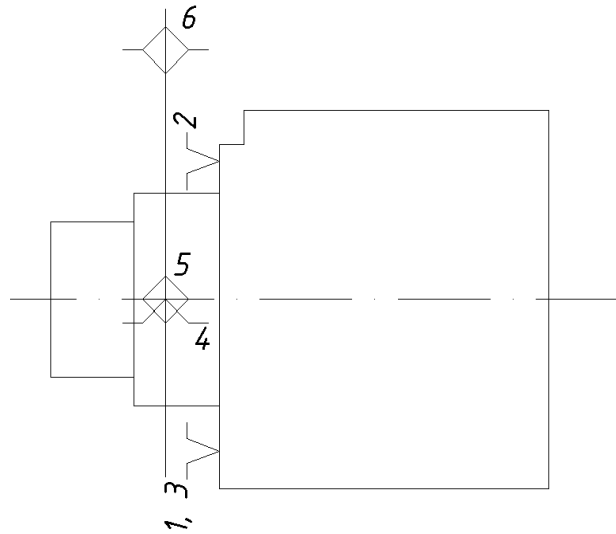


Рисунок 2.1- Схема базування заготовки при обробці отвору $\text{Ø}80^{+0,06}$

Таблиця 2.2 - Розрахунок припусків на оброблення отвору $\text{Ø}80^{+0,06}$

Технологічні переходи оброблення отвору $\text{Ø}80^{+0,06}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{min}$, мкм	Розрахунковий розмір D_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничне значення розміру, мм		Граничне значення припуску, мм	
	R_Z	T	ρ	ε				D_{min}	D_{max}	$2Z_{min}^{np}$	$2Z_{max}^{np}$
Напилення	50	100	220	-	2·380	79,752	300	79,45	79,75	-	-
Розточування чорнове	40	50	13	60	2·104	79,96	120	79,84	79,56	0,75	1,15
Розточування чистове	20	20	9	4	2·50	80,06	60	80,0	80,06	0,21	0,39
Всього	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,96	1,54

Значення R_Z і T вибираємо з таблиць.

«Значення просторового відхилення для заготовки даного типу:

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{жол}^2 + \rho_{зм}^2},$$

де $\rho_{жол}$ - жолоблення заготовки, мкм;

$\rho_{зм}$ - зміщення заготовки, мкм.

Жолоблення отвору враховуємо в діаметральному і осьовому січеннях:

$$\rho_{жол} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2},$$

де Δ_k - питома кривизна заготовки, мкм на 1 мм довжини (діаметру);

d, l - відповідно діаметр і довжина оброблюваного отвору»[1].

Зміщення отвору приймаємо рівним допуску на розмір від осі оброблюваного отвору до поверхні базової площини:

$$\rho_{zm} = \delta_A;$$

$$\rho_{zm} = 200 \text{ мкм};$$

$$\rho_{жол} = \sqrt{(1 \cdot 80)^2 + (1 \cdot 42)^2} = 90 \text{ мкм};$$

$$\rho_{заг} = \sqrt{90^2 + 200^2} = 220 \text{ мкм}.$$

Для переходів механічного оброблення просторове відхилення приймаємо рівним:

- чорнове розточування – 6% від $\rho_{заг}$;

- чистове розточування – 4% від $\rho_{заг}$;

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_{заг} = 0,06 \cdot 220 = 13 \text{ мкм};$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_{заг} = 0,04 \cdot 220 = 9 \text{ мкм};$$

Похибку встановлення заготовки в трикулачковому патроні без вивірки приймаємо $\varepsilon_1 = \varepsilon_{табл} = 60 \text{ мкм}$.

Для переходів механічного оброблення відхилення:

- чистове розточування – 6% від ε_1 ;

$$\varepsilon_1 = 60 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_2 = 0,06 \cdot 60 = 4 \text{ мкм};$$

Мінімальні припуски:

$$Z_{\min 1} = 2 \cdot (50 + 100 + \sqrt{220^2 + 60^2}) = 2 \cdot 380 \text{ мкм};$$

$$Z_{\min 2} = 2 \cdot (40 + 50 + \sqrt{13^2 + 4^2}) = 2 \cdot 104 \text{ мкм};$$

Розрахунковий розмір після останнього переходу:

$$D_{p3} = D_{\max} = 80,06 \text{ мкм}.$$

Для інших переходів і заготовки приймаємо:

$$D_{pi} = D_{pi+1} - 2Z_{\min i+1};$$

$$D_{p2} = 80,06 - 2 \cdot 0,050 = 79,96 \text{ мм};$$

$$D_{p1} = 79,96 - 2 \cdot 0,104 = 79,752 \text{ мм};$$

Розміри допусків приймаємо рівними:

- для заготовки: $\delta_{заг} = 700 \text{ мкм};$
- для чорнового розточування: $\delta_1 = 300 \text{ мкм};$
- для чистового розточування: $\delta_2 = 120 \text{ мкм};$

Мінімальні розміри:

$$D_{\min i} = D_{\max i} - \delta_i;$$

де $D_{\max i}$ - максимальні розміри по переходах, які приймаємо рівними розрахунковим розмірам, заокругленим до 0,01 мм.

$$D_{\min 3} = 80,06 - 0,06 = 80,0 \text{ мкм};$$

$$D_{\min 2} = 79,96 - 0,12 = 79,84 \text{ мкм};$$

$$D_{\min 1} = 79,75 - 0,3 = 79,452 \text{ мкм};$$

Граничні припуски Z_{\min}^{ep} і Z_{\max}^{ep} :

$$Z_{\min}^{ep} = D_{\max i} - D_{\max i-1};$$

$$Z_{\max}^{ep} = D_{\min i} - D_{\min i-1};$$

$$Z_{\min 1}^{ep} = 79,75 - 79,0 = 0,75;$$

$$Z_{\max 1}^{ep} = 79,45 - 78,3 = 1,15;$$

$$Z_{\min 2}^{ep} = 79,96 - 79,75 = 0,21;$$

$$Z_{\max 2}^{ep} = 79,84 - 79,45 = 0,39;$$

$$Z_{\min 3}^{ep} = 80,06 - 79,96 = 0,75;$$

$$Z_{\max 3}^{ep} = 80,0 - 79,84 = 0,16;$$

$$Z_{\max \Sigma}^{ep} = \sum Z_{\max i}^{ep} = 1,7;$$

$$Z_{\min \Sigma}^{ep} = \sum Z_{\min i}^{ep} = 1,06.$$

Перевірка правильності розрахунку:

$$Z_{\min}^{ep} + Z_{\max}^{ep} = \delta_{заг} - \delta_1;$$

$$1,15 - 0,75 = 0,7 - 0,3$$

$$0,4 = 0,4.$$

2.4 Розрахунок режимів різання

«При призначенні елементів режимів різання враховується характер обробки, тип і розміри інструмента, матеріал його ріжучої частини, матеріал і стан заготовки, тип і стан заготовки, тип і стан обладнання» [1].

Глибина різання t : «при чорновій обробці призначається по можливості максимальною, рівною всьому припуску на обробку або більшою частиною вимог точності розміру і шорсткості обробленої поверхні» [1].

Подача S : «при чорновій обробці вибирають максимально можливу, виходячи з шорсткості і міцності, потужності привода верстата, при чистовій обробці – в залежності від потрібного ступеня точності і шорсткості оброблюваної поверхні» [1].

«Швидкість різання V розраховується по формулі, загальний вид якої [1]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}$$

Дійсна швидкість [1]:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000}$$

Так як матеріал заготовки сталь 50Л і ріжучий інструмент виготовляють з швидкоріжучої сталі, то маємо з [1]:

$$K_{m\delta} = K_T \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{nv}$$

Стійкість T – період роботи інструмента до затуплення, приводиться для різних видів обробки.

Період стійкості при багато інструментальній обробці [1]:

$$T_{MU} = T \cdot K_{TU} \quad \text{а}$$

при багатостатному обслуговуванні [1]:

$$T_{MC} = T \cdot K_{TC}$$

В нашому технологічному процесі одно-інструментальна обробка і одноверстатне обслуговування.

K_{MP} - коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу, значення якого приведені в [1], табл.9.

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750} \right)^n$$

де $n = 0,75$ при визначенні складової R_z сили різання при обробці різцями; при визначенні крутного моменту M і осьової сили P_o [1].

Маючи поправочні коефіцієнти, перейдемо до розрахунку режимів різання і їх параметрів для нашого технологічного процесу» [1].

020 Токарна операція.

Призначаємо: $t = 1,75 \text{ мм}$; $s = 0,09 - 0,12 \text{ мм/об}$; $s_d = 0,12 \text{ мм/об}$.

$$V = \frac{14,7 \cdot 10^{0,025} \cdot 0,47}{20^{0,125} \cdot 0,12^{0,55}} = 57 \text{ мм/хв.}$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 57}{3,14 \cdot 10} = 1815 \text{ об/хв}, n_g = 1800 \text{ об/хв};$$

Дійсна швидкість:

$$V_g = \frac{\pi \cdot D \cdot n_g}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 1800}{1000} = 56,5 \text{ мм/хв.}$$

Крутний момент:

$$M_{kp} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,021 \cdot 10^2 \cdot 0,12^{0,8} \cdot 1,15 = 59 \text{ Н/м.}$$

Потужність різання [1]:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{59 \cdot 1800}{1020 \cdot 60} = 1,7 \text{ кВт.}$$

Основний час [1]:

$$T_o = \frac{L}{S_M} = \frac{90}{1800 \cdot 0,12} = 0,41 \text{ хв.}$$

2.5 Нормування технологічного процесу

При нормуванні праці в ремонтному виробництві використовують такі норми: часу - витрати часу на виконання операції або відновлення деталі;

вироблення - число операцій або деталей, вироблених в одиницю часу. Норма вироблення обернено пропорційна нормі часу.

005 Свердлильна

Основний час:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

де L - довжина оброблюваної поверхні (довжина врізання і пробігу), мм;

i - число проходів;

n - частота обертання шпинделя, хв-1;

S - подача, мм / об.

$$T_o = \frac{22 \cdot 6}{1000 \cdot 0,315} = 0,42 \text{ хв}$$

Основний час складе $T_e = 0,42$ хв.

Допоміжний час $T_v = 0,6$.

$T_{оп} = T_o + T_v = 0,42 + 0,6 = 1,02$ хв;

$T_{доп} = K_{доп} \cdot T_{оп} = 0,08 \cdot 1,02 = 0,096$ хв,

де $K_{доп}$ - відношення додаткового часу до оперативного.

Підготовчо-заключний час: $T_{пз} = 7$ хв.

$T_{шт-к} = T_o + T_v + T_d + T_{пз} / n = 0,42 + 0,6 + 0,096 + 7/1 = 8,1$ хв.

010 Різьбонарізна

Основний час складе $T_e = 4,2$ хв.

Допоміжний час $T_v = 3,2$.

$T_{оп} = T_o + T_v = 4,2 + 3,2 = 7,4$ хв;

$T_{доп} = K_{доп} \cdot T_{оп} = 0,08 \cdot 7,4 = 0,59$ хв,

де $K_{доп}$ - відношення додаткового часу до оперативного.

Підготовчо-заключний час: $T_{пз} = 7$ хв.

$T_{шт-к} = T_o + T_v + T_d + T_{пз} / n = 4,2 + 3,2 + 0,59 + 7/1 = 14,99$ хв.

015 Слюсарна

Основний час складе $T_e = 0,6$ хв.

Допоміжний час $T_v = 1,4$.

$T_{оп} = T_o + T_v = 0,6 + 1,4 = 2$ хв;

$$T_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} * T_{\text{оп}} = 0,08 * 2 = 0,16 \text{ хв},$$

де $K_{\text{доп}}$ - відношення додаткового часу до оперативного.

Підготовчо-заклучний час: $T_{\text{пз}} = 7 \text{ хв}$.

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{о}} + T_{\text{в}} + T_{\text{д}} + T_{\text{пз}} / n = 0,6 + 1,4 + 0,16 + 7/1 = 9,16 \text{ хв}.$$

020 Токарна

Основний час:

$$T_{\text{о}} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

де L - довжина оброблюваної поверхні, мм;

i - число проходів;

n - частота обертання, хв-1;

S - подача, мм / об.

$$T_{\text{о}} = \frac{180 \cdot 1}{1185 \cdot 0,35} = 0,434 \text{ хв}$$

Основний час складе $T_{\text{е}} = 0,434 \text{ хв}$.

Допоміжний час $T_{\text{в}} = 3,2$.

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{в}} = 0,434 + 3,2 = 3,634 \text{ хв};$$

$$T_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} * T_{\text{оп}} = 0,08 * 3,634 = 0,29 \text{ хв},$$

де $K_{\text{доп}}$ - відношення додаткового часу до оперативного.

Підготовчо-заклучний час: $T_{\text{пз}} = 7 \text{ хв}$.

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{о}} + T_{\text{в}} + T_{\text{д}} + T_{\text{пз}} / n = 0,434 + 3,2 + 0,29 + 7/1 = 10,92 \text{ хв}.$$

025 Наплавочна

Основний час:

$$T_{\text{о}} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

де L - довжина оброблюваної поверхні, мм;

i - число проходів;

n - число оборотів в хвилину, хв-1;

S - подача (крок наплавлення), мм / об.

$$T_{\text{о}} = \frac{180 \cdot 1}{14 \cdot 2} = 6,42 \text{ хв}$$

Основний час складе $T_{\text{е}} = 6,42 \text{ хв}$.

Допоміжний час $T_B = 3,2$

$$T_{OP} = T_O + T_B = 6,42 + 3,2 = 9,62 \text{ хв};$$

$$T_{доп} = K_{доп} * T_{OP} = 0,08 * 9,62 = 0,77 \text{ хв},$$

де $K_{доп}$ - відношення додаткового часу до оперативного.

Підготовчо-заключний час: $T_{ПЗ} = 7 \text{ хв}$.

$$T_{шт-к} = T_O + T_B + T_D + T_{ПЗ} / n = 6,42 + 3,2 + 0,77 + 7/1 = 17,39 \text{ хв}.$$

030 Токарна

Основний час:

$$T_O = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

де L - довжина оброблюваної поверхні, мм;

i - число проходів;

n - число оборотів в хвилину, хв-1;

S - подача (крок наплавлення), мм / об.

$$T_O = \frac{180 \cdot 1}{1185 \cdot 0,35} = 0,434 \text{ хв}.$$

Основний час складе $T_e = 0,434 \text{ хв}$.

Допоміжний час $T_B = 3,2$.

$$T_{OP} = T_O + T_B = 0,434 + 3,2 = 3,634 \text{ хв};$$

$$T_{доп} = K_{доп} * T_{OP} = 0,08 * 3,634 = 0,29 \text{ хв},$$

де $K_{доп}$ - відношення додаткового часу до оперативного.

Підготовчо-заключний час: $T_{ПЗ} = 7 \text{ хв}$.

$$T_{шт-к} = T_O + T_B + T_D + T_{ПЗ} / n = 0,434 + 3,2 + 0,29 + 7/1 = 10,92 \text{ хв}.$$

035 Термічна

Основний час складе $T_e = 0,8 \text{ хв}$.

Допоміжний час $T_B = 1,5$.

$$T_{OP} = T_O + T_B = 1,5 + 0,8 = 2,3 \text{ хв};$$

$$T_{доп} = K_{доп} * T_{OP} = 0,08 * 2,3 = 0,18 \text{ хв},$$

де $K_{доп}$ - відношення додаткового часу до оперативного.

Підготовчо-заключний час: $T_{ПЗ} = 7 \text{ хв}$.

$$T_{шт-к} = T_O + T_B + T_D + T_{ПЗ} / n = 0,8 + 1,5 + 0,18 + 7/1 = 9,48 \text{ хв}.$$

040 Напилювальна

Основний час:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

де L - довжина оброблюваної поверхні, мм;

i - число проходів;

n - число оборотів в хвилину, хв-1;

S - подача (крок напилювання), мм / об.

$$T_o = \frac{360 \cdot 1}{30 \cdot 2} = 5 \text{ хв.}$$

Основний час складе $T_e = 5$ хв.

Допоміжний час $T_B = 3,2$.

$T_{оп} = T_o + T_B = 5 + 3,2 = 8,2$ хв;

$T_{доп} = K_{доп} \cdot T_{оп} = 0,08 \cdot 8,2 = 0,66$ хв,

де $K_{доп}$ - відношення додаткового часу до оперативного.

Підготовчо-заклучний час: $T_{пз} = 7$ хв.

$T_{шт-к} = T_o + T_B + T_d + T_{пз} / n = 5 + 3,2 + 0,66 + 7/1 = 12,82$ хв.

045 Розточна

Основний час:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

де L - довжина оброблюваної поверхні, мм;

i - число проходів;

n - число оборотів в хвилину, хв-1;

S - подача (крок наплавлення), мм / об.

Основний час складе $T_e = 1,8$ хв.

Допоміжний час $T_B = 3,2$.

$T_{оп} = T_o + T_B = 1,8 + 3,2 = 5$ хв;

$T_{доп} = K_{доп} \cdot T_{оп} = 0,08 \cdot 5 = 0,4$ хв,

де $K_{доп}$ - відношення додаткового часу до оперативного.

Підготовчо-заклучний час: $T_{пз} = 7$ хв.

$T_{шт-к} = T_o + T_B + T_d + T_{пз} / n = 1,8 + 3,2 + 0,4 + 7/1 = 12,4$ хв.

050 Контрольна

Основний час складе $T_e = 0,6$ хв.

Допоміжний час $T_B = 1,5$.

$T_{оп} = T_о + T_B = 1,5 + 0,6 = 2,1$ хв;

$T_{доп} = K_{доп} * T_{оп} = 0,08 * 2,1 = 0,17$ хв,

де $K_{доп}$ - відношення додаткового часу до оперативного.

Підготовчо-заключний час: $T_{пз} = 7$ хв.

$T_{шт-к} = T_о + T_B + T_d + T_{пз} / n = 0,6 + 1,5 + 0,17 + 7/1 = 9,27$ хв.

Висновки. Проведено та технологічно обґрунтовано методи відновлення поверхонь деталі. Сформовано маршрут технологічного процесу відновлення деталі. Розраховано припуски та граничні розміри на поверхню $\varnothing 80$. Проведено розрахунок та призначено режими різання. Вибрано та обґрунтовано обладнання і джерела живлення. Проведено нормування технологічного процесу.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Верстатний пристрій для горизонтально-розточної операції

3.1.1 Вибір і обґрунтування принципу дії та структурної схеми

Даний пристрій використовується при виконанні операції 045 - горизонтально-росточної операції на верстаті 2А620Ф2-1.

Для вибору раціональної компоновки розглянемо декілька схем (рис. 3.1).

Технічні вимоги на пристрій:

- неперпендикулярність поверхні К відносно Ж не більше 0,06мм;
- неперпендикулярність поверхні К відносно Е і Н не більше 0,04мм.

При використанні пристрою необхідно:

- забезпечити надійний затиск заготовки пневмозатискачем;
- не допустити виривання деталі з пристрою під час обробки;
- точне базування пристрою.

Для вибору раціональної схеми пристрою розробляємо кілька схем компоновки пристрою і проводимо вибір оптимальної схеми. При виборі схеми враховуємо, щоб пристрій володів властивістю самогальмування, був компактніший, зручний в роботі.

Наведемо схеми компоновки пристрою.

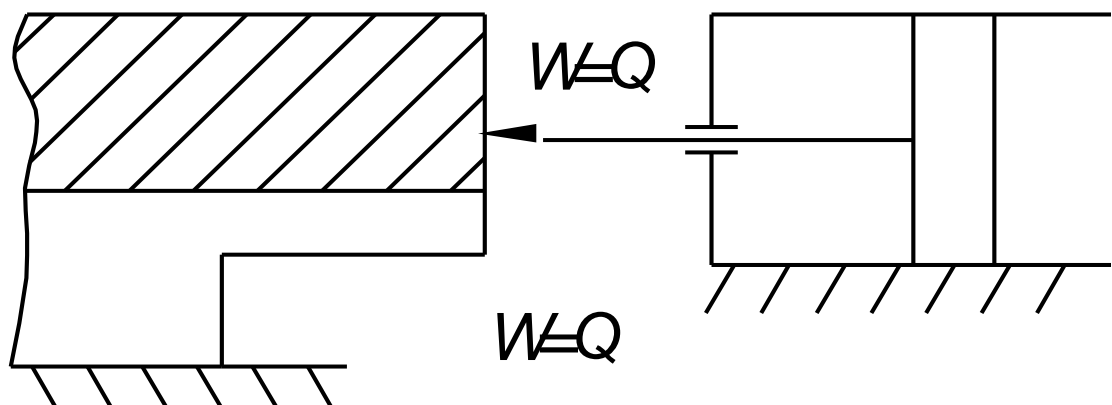


Рисунок 3.1- Схема компоновки пристрою. I варіант.

Пристрій на рисунку 3.1. простий в роботі, надійний при експлуатації, але він небезпечний з точки зору ТБ, так як при падінні тиску можливе випадання деталі, виривання її силами різання, можливе травмування.

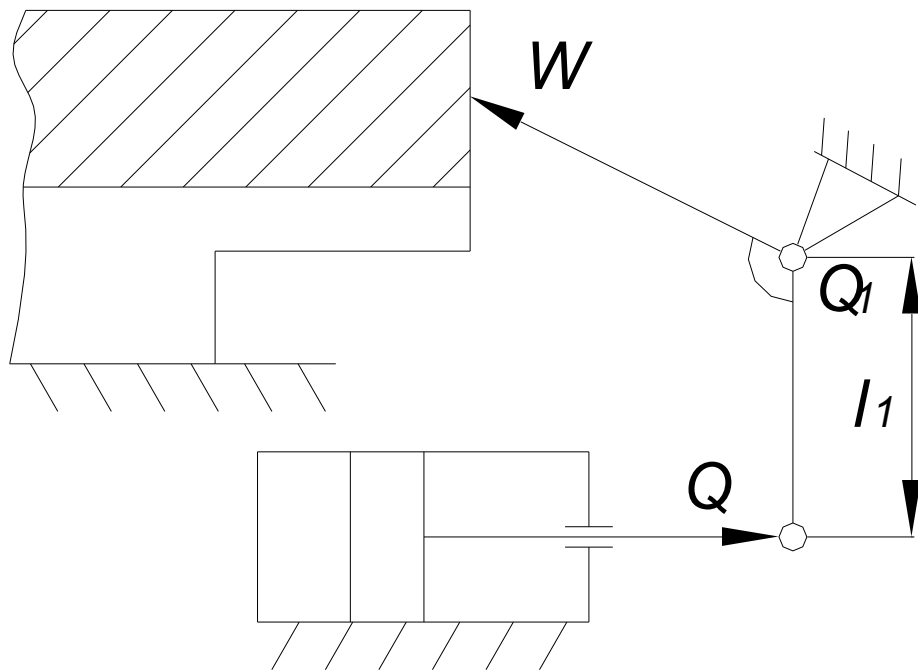


Рисунок 3.2- Схема компоновки пристрою. II варіант.

$$\begin{aligned} \sum M_{O_1} &= 0; \\ -WS \sin \alpha + Q \cdot N &= 0; \\ Q &= \frac{WS \sin \alpha}{N}; \end{aligned}$$

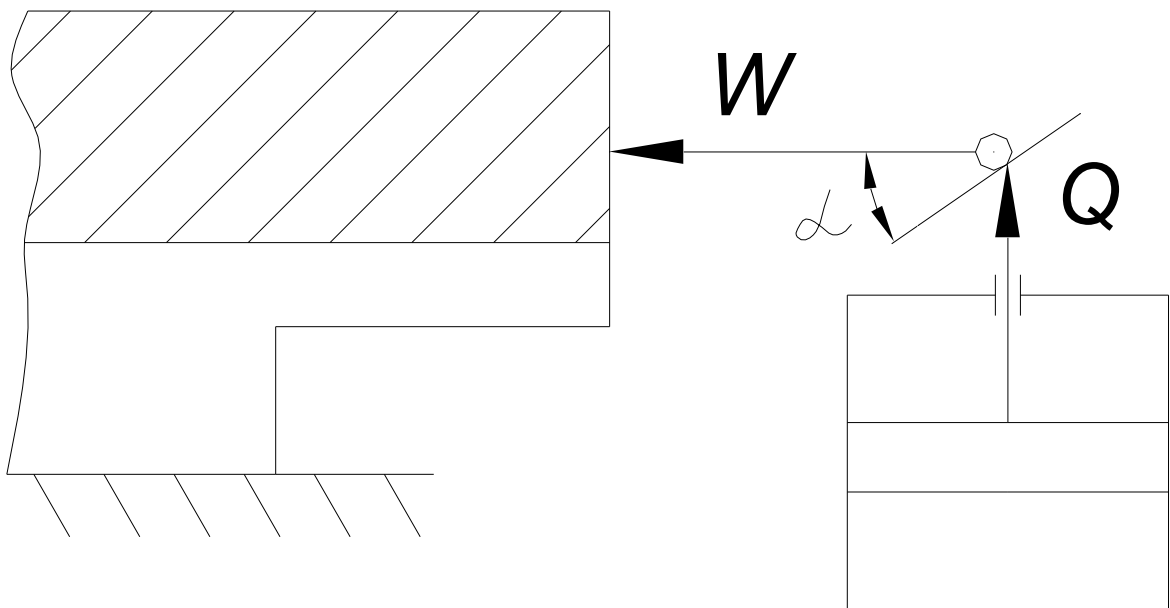


Рисунок 3.3- Схема компоновки пристрою. III варіант.

$$W \cdot i = Q;$$

$$i = \operatorname{tg} \alpha ;$$

$$W = \frac{Q}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Пристрій на рисунку 3.3. простий в роботі, надійний. Він має механізм самогальмування, що робить його надійним з точки зору ТБ. Цей пристрій простий в обслуговуванні. Він забезпечує надійність під час роботи, незалежно від тиску в трубопроводі.

Пристрій на рисунку 3.3. складний в обслуговуванні, оскільки вимагає затрат габаритів пристрою, бо має 2 додаткові ланки в порівнянні з рисунку 3.1. З точки зору ТБ він небезпечний в роботі, бо можливе викидання деталі інструментом під час різання, можливе травмування. Отже вибираємо пристрій на рисунку 3.2.

Аналіз компоновок конструктивних схем виконуємо на основі сумарних коефіцієнтів ваг $K_{\Sigma n}$:

$$K_{\Sigma n} = 0,5K_1 + 0,35K_2 - 0,1K_3 - 0,1K_4 + 0,05K_5$$

де K_1 - коефіцієнт підсилення;

K_2 - коефіцієнт, який залежить від наявності властивості самогальмування;

K_3 - коефіцієнт, який залежить від кількості передавальних ланок;

K_4 - коефіцієнт, який залежить від наявності проміжної ланки;

K_5 - коефіцієнт, який залежить від компактності пристрою.

Результати розрахунків зводимо у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 - Встановлення раціональної схеми компоновки пристрою

Схема	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	$K_{\Sigma n}$
1	2	1	2	1	2	1,15
2	3	2	2	1	3	2,05
3	1	1	3	1	1	0,50

$$K_{\Sigma 1} = 0,5 \cdot 2 + 0,35 \cdot 1 - 0,1 \cdot 2 - 0,1 \cdot 1 + 0,05 \cdot 2 = 1,15;$$

$$K_{\Sigma 2} = 0,5 \cdot 3 + 0,35 \cdot 2 - 0,1 \cdot 2 - 0,1 \cdot 1 + 0,05 \cdot 3 = 2,05;$$

$$K_{\Sigma 3} = 0,5 \cdot 1 + 0,35 \cdot 1 - 0,1 \cdot 3 - 0,1 \cdot 1 + 0,05 \cdot 1 = 0,50.$$

Виходячи з критеріїв оцінки компоновочних схем, вибираємо схему 2, як таку, що має найбільший коефіцієнт ваги.

3.1.2 Розрахунок пристрою на точність

«На точність оброблення впливає ряд факторів, яку викликає сумарну похибку Δ_{Σ} :

$$\Delta_{\Sigma} = \frac{1}{K} \sqrt{(K_1 \Delta_{\epsilon_y})^2 + (K_2 \Delta_y)^2 + (K_3 \Delta_n)^2 + (K_4 \Delta_i)^2 + (K_5 \sum \Delta_{\epsilon})^2 + (K_6 \sum \Delta_t)^2} ;$$

де K - коефіцієнт відносного розсіювання вихідного параметру (коефіцієнт ризику); при заданій гарантованій надійності пристрою $K = 0,683$;

$K_1 - K_6$ - коефіцієнти, що враховують відповідні закони розподілу похибок;

$$K_1 = K_2 = K_3 = 1,0;$$

$$K_4 = K_5 = K_6 = 1,73.$$

Δ_{ϵ_y} - похибка встановлення заготовки;

Δ_y - похибка оброблення заготовки, яка виникає внаслідок зміщення елементів технологічної системи під дією сил різання;

Δ_n - похибка налагодження технологічної системи;

Δ_i - похибка, яка виникає внаслідок зношення різального інструменту;

$\sum \Delta_{\epsilon}$ - сумарна похибка верстата, яка виникає внаслідок його зношення за період експлуатації;

$\sum \Delta_t$ - сумарна температура похибка»[1].

1. «Похибка встановлення Δ_{ϵ_y} являє собою відхилення фактичного положення закріплення деталі від необхідного теоретичного:

$$\Delta_{\epsilon_y} = \sqrt{\epsilon_{\delta}^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_{np}^2} ;$$

де ϵ_{δ} - похибка базування заготовки у пристрої;

ϵ_3 - похибка закріплення заготовка;

ϵ_{np} - похибка положення заготовки у пристрої»[1].

Похибка базування ϵ_{δ} при досягненні розміру A визначиться як:

$$\epsilon_{\delta} = \epsilon_{A\Delta} = \epsilon_{A1} + \epsilon_{A2} = TA_1 + TA_2 .$$

Технологічні допуски після оброблення відповідних поверхонь складуть:

$$TA_1 \approx IT10(32\text{мм}) = 100\text{мкм};$$

$$TA_2 \approx IT10(120\text{мм}) = 140\text{мкм};$$

$$\varepsilon_{\sigma} = 100 + 140 = 240\text{мкм} = 0,24\text{мм}$$

1.2. «Похибка закріплення $\varepsilon_z = 0$, так як даний пристрій передбачається оснастити пневматичним затискним механізмом, що забезпечить постійність сили затиску.

1.3. Похибка положення заготовки у пристрої ε_{np} є наслідком неточності виготовлення пристрою ε_{σ} , зношення його установчих елементів ε_{zn} та похибки встановлення самого пристрою на верстаті $\varepsilon_{вст}$:

$$\overline{\varepsilon_{np}} = \overline{\varepsilon_{\sigma}} + \overline{\varepsilon_{zn}} + \overline{\varepsilon_{вст}} \gg [1].$$

Технологічні можливості виготовлення пристроїв забезпечують похибку ε_{σ} в межах 10-15мкм. Приймаємо $\varepsilon_{\sigma} = 10\text{мкм}$.

Величина зношення установчих елементів ε_{zn} :

$$\varepsilon_{zn} = \beta \cdot N^n;$$

де N - кількість контактів заготовки з установчими елементами пристрою;

β - постійна, яка залежить від виду установчих елементів.

$$\varepsilon_{zn} = 0,021 \cdot 200000^{0,78} \approx 48\text{мкм}.$$

Похибку встановлення пристрою на верстаті приймаємо рівною $\varepsilon_{вст} = 10\text{мкм}$.

В абсолютній формі рівняння запишеться як:

$$\varepsilon_{np} = t \sqrt{\lambda_1 \varepsilon_{\sigma}^2 + \lambda_2 \varepsilon_{zn}^2 + \varepsilon_{вст}^2};$$

де t - коефіцієнт, який визначає частку можливого браку;

λ_1, λ_2 - коефіцієнти, які залежать від закону розподілу випадкових величин.

$$\varepsilon_{np} = 3 \sqrt{\frac{1}{3} \cdot 10^2 + \frac{1}{9} \cdot 48^2 + 10} \approx 61\text{мкм};$$

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{240^2 + 0^2 + 61^2} = 248\text{мкм}.$$

2. Похибку оброблення заготовки Δ_y приймаємо рівною 15мкм.

3. Похибку налагодження технологічної системи Δ_n визначимо як:

$$\Delta_n = \sqrt{(K_p \Delta_p)^2 + (K_{вим} \Delta_{вим})^2};$$

де $K_p, K_{вим}$ - коефіцієнти, які враховують закони розподілу випадкових величин;

Δ_p - похибка регулювання;

$\Delta_{вим}$ - похибка вимірювання.

Згідно, приймаємо: $\Delta_p = 20 \text{ мкм}$; $\Delta_{вим} = 16 \text{ мкм}$; $K_p = 1,14$; $K_{вим} = 1,0$.

$$\Delta_n = \sqrt{(1,14 \cdot 20)^2 + (1,0 \cdot 16)^2} \approx 28 \text{ мкм}.$$

4. Похибку, яка виникає внаслідок зношення різального інструменту Δ_i , приймаємо рівною 25 мкм.

5. Сумарну похибку верстата $\sum \Delta_e$, яка виникає внаслідок його зношення за період експлуатації, приймаємо рівною 12 мкм.

6. Сумарну температурну похибку $\sum \Delta_t$, приймаємо рівною 10...15% від Δ_Σ .

Сумарна похибка (без врахування температурної похибки):

$$\Delta_\Sigma = \frac{1}{0,683} \sqrt{(248)^2 + (15)^2 + (28)^2 + (1,73 \cdot 25)^2 + (1,73 \cdot 12)^2} = 373 \text{ мкм};$$

$$\sum \Delta_t = 373 \cdot 0,15 = 56 \text{ мкм}.$$

Загальна похибка:

$$\Delta_\Sigma = \frac{1}{0,683} \sqrt{(0,683 \cdot 373)^2 + (1,73 \cdot 56)^2} = 399 \text{ мкм}.$$

Мінімальний допуск на оброблення заданої поверхні, згідно з кресленням, становить 520 мкм. Таким чином, умова $\Delta_\Sigma \leq TA$ виконується.

3.1.3 Силовий розрахунок параметрів приводу

Проведемо розрахунок сили затиску заготовки під час чорнового розточування отвору $\varnothing 80$ на горизонтально-росточному верстаті 2А620Ф2-1, оскільки при цьому виникає найбільша сила різання, а відповідно і найбільші навантаження на патрон.

Для забезпечення стійкого положення заготовки при її обробці необхідно, щоб момент різання $M_{\text{різ}}$ був менший за момент тертя $M_{\text{тр}}$ від сил тертя при закріпленні.

$$KM_{\text{різ}} = \sum M_{\text{тр}},$$

де K - коефіцієнт запасу.

Момент різання визначаємо за формулою:

$$M_{\text{різ}} = P_z \cdot r,$$

де P_z – сила різання, Н;

$r=58,5$ мм – радіус різання.

Момент тертя визначаємо із виразу:

$$\sum M_{\text{тр}} = Q \cdot R \cdot f_1 + \frac{2Qf_2 \cdot (R_2^3 - R_1^3)}{3(R_2^2 - R_1^2)}$$

де Q – сила затиску, Н;

$f_1=0,2$ – коефіцієнт тертя між деталлю і при хватом;

$f_2=0,2$ – коефіцієнт тертя між деталлю і базою;

$R_1=63,5$ мм – менший радіус основи кільця;

$R_2=93$ мм – більший радіус основи кільця;

$R=90$ мм – радіус затиску заготовки прихватами.

Підставляючи $M_{\text{тр}}$ у рівняння рівноваги одержуємо:

$$Q = \frac{K \cdot P_z \cdot r}{f_1 \cdot R + 2f_2 \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{3(R_2^2 - R_1^2)}}.$$

Коефіцієнт запасу K вибирається згідно [6]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

де K_0 – коефіцієнт гарантованого запасу, $K_0 = 1,5$;

K_1 – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях, $K_1 = 1,2$;

K_2 – коефіцієнт, який характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту, $K_2 = 1,15$ при точінні;

K_3 – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання внаслідок переривистості різання, $K_3 = 1,2$;

K_4 – коефіцієнт, який характеризує постійність сили закріплення в затискному пристрої, $K_4 = 1,05$ – для пневматичних приводів;

K_5 – коефіцієнт, який характеризує ергономічність ручних затискних пристроїв, $K_5 = 1,0$;

K_6 – коефіцієнт, який враховують при наявності крутного моменту, який намагається повернути заготовку, встановлену плоскою поверхнею на постійні опори, $K_6 = 1,0$;

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,6.$$

Визначаємо силу різання за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

де $C_p = 40$ – коефіцієнт, який впливає на силу різання [1];

$x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = 0$ – показники степені [1];

$t = 1,2$ мм – глибина різання;

$S = 0,6$ мм/об – подача різання;

$V = 260$ м/хв – швидкість різання;

K_p – поправочний коефіцієнт на силу різання;

$$K_p = K_{mp},$$

де $K_{mp} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу заготовки.

Для алюмінію при НВ 50;

$$K_p = 1,0.$$

Підставляємо отримані значення в формулу та отримуємо значення сили різання:

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 1,2^{1,0} \cdot 0,6^{0,75} \cdot 400^0 \cdot 1 = 327,2 \text{ Н.}$$

Підставляючи дані у формулу одержимо:

$$Q = \frac{2,6 \cdot 327,2 \cdot 58,5}{0,2 \cdot 90 + 2 \cdot 0,2 \cdot \frac{93^3 - 63,5^3}{3 \cdot (93^2 - 63,5^2)}} = 1470,9 \text{ Н}$$

Перевірочний розрахунок зводиться до того, що необхідно перевірити умову:

$$Q \leq W \cdot i,$$

де W – сила на штоці пневмоциліндра;

$i=1$ – передаточне відношення, яке залежить від типу проміжного механізму затискного пристрою. Воно може зменшувати або збільшувати силу приводу.

Враховуючи базову конструкцію пристосування нами був вибраний стандартний одинарний пневмоциліндр двохсторонньої дії за ГОСТ 21821-96 діаметром циліндра $D = 100$ мм, діаметром штоку $d = 20$ мм. Пневмоциліндри данного типу призначені для роботи на стисненому повітрі при тиску 0,4 МПа; 0,63 МПа; температурі від $+5^\circ$ до 50° із швидкістю переміщення штоку не більше 0,5 м/с.

Для даних пневмоциліндрів тягова сила на штоці буде визначатися за формулою згідно [1] С. 222:

$$W = 0,785 \cdot (D_{\text{ц}}^2 - d_{\text{шт}}^2) \cdot p \cdot \eta,$$

де $D_{\text{ц}}$ – діаметр пневмоциліндра, м; $D_{\text{ц}} = 0,1$ м;

$d_{\text{шт}}$ – діаметр штока, м; $d_{\text{шт}} = 0,02$ м;

p – тиск стиснутого повітря в системі [14] С. 223; $p = 0,4$ Мпа = $0,4 \cdot 10^6$ Па;

η – коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра [14] С. 222; $\eta = 0,9$.

Тоді $W = 0,785 \cdot (0,1^2 - 0,022^2) \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 2689,2$ Н

Для надійності закріплення необхідно, щоб виконувалась умова:

$$W > Q.$$

В нашому випадку $W = 2689,2$ Н $>$ $Q = 1470,9$ Н.

Висновок: заготовка надійно буде закріплена під час розточування на 045 горизонтально-розточній операції.

3.1.4. Опис конструкції та роботи пристрою

Пристрій призначений для розточування отвору $\varnothing 80^{+0,06}$.

Пневмоциліндр 16 закріплюються до передньої бабки зліва болтами 12. До муфти пневмоциліндра 16 закріплюються ніпелі 17. В шток пневмоциліндра 16 закручений шток 10, який проходить через отвір шпинделя передньої бабки. До корпусу 1 гвинтами 14 прикріплена плита 2. В плиту 2 запресовані пальці 3 і 4.

Прихвати 5 сидять на осях 18, які входять в корпус 1. До прихватів 5 через осі 7 під'єднанні важелі 6. Важелі 6 через вісь 8 з'єднані з штоком 10. До корпуса 1 прикручений гвинтами 15 фланець 9. До фланця прикручені гвинти 11. Ця конструкція прикручується за допомогою гайок 13 до передньої бабки з правого боку.

Пристрій працює так:

Через ніпель 17 подається повітря в праву порожнину пневмоциліндра 16. Шток рухається вліво і тягне за собою важелі 6, які в свою чергу тягнуть за прихвати 5. Деталь вже має бути встановлена на пальці 3 і 4. За допомогою прихватів відбувається затиск деталі. Відбувається процес механічної обробки поверхонь. Після закінчення обробки через ніпель 17 подається повітря в ліву порожнину циліндра 16. Шток рухається вправо і через важелі 6 відтягує на необхідну відстань для зняття деталі прихвати 5. Деталь знімають і ставлять нову. Процес установки деталі роблять до вмикання верстата. Процес зняття роблять після вимикання верстата і зупинки шпинделя.

3.2. Пристрій для контролю співвісності

В процесі контролю деталь встановлюється поверхня $\varnothing 80^{+0,06}$ на оправку 8 і фіксується підпружиненою планкою 9. Планка 9 притискається за допомогою двох пружин 14. Коли деталь встановлена на оправці переміщаємо корпус 2 по каретці 7 з крайнього правого положення в крайнє ліве положення. Довжина ходу фіксується двома штифтами 24. В корпусі встановлено індикатор годинникового типу 22 і важіль 5. Важіль 5 притискається до контрольованої поверхні пружиною 13. Виставляємо шкалу індикатора на нуль. Обертаємо деталь на оправці навколо осі. Найбільші покази індикатора являються подвійною величиною не співвісності контрольованих поверхонь.

Висновки. Спроектовано верстатний пристрій для горизонтально-розточної операції. Даний пристрій використовується при виконанні операції 045 - горизонтально-росточної операції на верстаті 2A620Ф2-1. Обґрунтовано принципу дії та структурну схему пристрою. Проведено розрахунок пристрою на точність та

силовий розрахунок параметрів приводу. Дано опис конструкції та роботи пристрою. Спроековано пристрій для контролю співвісності.

4 НАУКОВА ЧАСТИНА

4.1 Вибір матеріалів, металорізального обладнання, різальних інструментів і вимірювальних приладів

У роботі досліджували формування покриттів на зразках із сталей, які широко використовують у машинобудуванні: сталь 45, сталь 40X, сталь 40ХН. Хімічний склад та механічні властивості сталей наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Хімічний склад та властивості сталей

Марка сталі	Вміст елементів, % (вагові)						Механічні властивості			
	C	Si	Mn	Cr	Ni	інші	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
Сталь 45	0,46	0,30	0,66	0,16	0,17	Cu– 0,05	410	680	19	61
Сталь 40X	0,42	0,18	0,67	0,98	0,27	Cu– 0,10	720	840	14	60
Сталь 40ХН	0,41	0,29	0,72	0,75	1,27	Cu– 0,28	760	900	20	39
Сталь 18ХН2МФЛ	0,19	0,22	0,55	0,50	2,10	Mo– 0,25	310	520	21	59

В якості матеріалу суцільних дротів діаметром 2 мм застосовували: сталь Св08, сталь 45, сталь 40X ($\rho_c = 7,87 \text{ г/см}^3$), а також алюміній А1 ($\rho_l = 2,7 \text{ г/см}^3$). Для отримання композиційних покриттів їх матрицю формували із матеріалу дротів, а як наповнювач використовували порошки: титану, молібдену, карбиду титану і карбиду вольфраму. Розмір частинок порошку, який вводили із живильника у металоповітряний потік, становив 40...100 мкм. Як гранули для віброелектроіскрового легування застосовували тверді сплави ВК8, ТК15, а також нікель та молібден. Крім того, застосовували нікелеві пластини для футерування електродів. Для об'ємного та поверхневого армування породоруйнівних елементів

застосовували твердий сплав реліт з таким хімічним складом, % (вагові): вольфрам – (95,7 – 96,3); вуглець зв'язаний – (3,6 – 4,1); вуглець вільний – менше 0,14.

Питома густина: реліту $\rho_{wc} = 15,7$ г/см³.

Зразки перед нанесенням покриття обезжирювали в 3-5% розчині кальцинованої соди, підігрітому до температури 60 – 80 °С, промивали в проточній воді та висушували при температурі 100 – 110 °С.

Підготовку поверхні перед напиленням покриттів здійснювали такими методами:

– дробоструменева обробка (виконували на дробоструменеюї установці інжекційного типу. Матеріал – сталевий шрот з розміром частинок 0,8 – 1,2 мм. Тиск повітря – 0,6 МПа. Дистанція обробки становила 150 – 200 мм, при куті нахилу сопла 90°. Час обробки від 3 до 5 хв. Висота мікронерівностей R_z – 60 – 120 мкм. Аналогічні параметри рельєфу отримували й іншими методами підготовки поверхні;

– нарізування «рваної» різьби з висотою профілю 0,15 мм (проводили на токарно-гвинторізному верстаті різьбовим різцем, встановленим нижче рівня центрів. Відстань від торця різцетримача до вершини різця 100 мм) ;

Досліди з обробки різанням напилених покриттів виконували на металообробних верстатах: токарної групи – 1А616, 16К20, 16К20Ф3; шліфувальної групи – круглошліфувальному 3М151 і плоскошліфувальному 3Г71.

Як різальний інструмент для токарної обробки, враховуюючи особливості гетерогенної будови напилених покриттів, використовували різці, які оснащені твердосплавною різальною частиною: різець прохідний з пластиною з твердого сплаву Т15К6 з параметрами різальної частини: головний кут в плані $\phi = 45^\circ$; головний задній кут $\alpha = 8^\circ$; передній кут $\gamma = 10^\circ$; допоміжний кут в плані $\phi_1 = 10^\circ$; кут нахилу різальної кромки $\lambda = 0^\circ$.

Шліфування поверхонь деталей з покриттями виконували на круглошліфувальному 3М151 і плоскошліфувальному 3Г71 верстатах кругами з монокорунду. Режими обробки такі: колова швидкість круга $V_k = 25 – 30$ м/с,

повздожня подача – 0,2 – 0,4, ширина круга на оберт деталі, поперечна подача круга (глибина різання) – 0,015 – 0,025 мм.

Для визначення сил різання при оброблянні напилених покриттів використовували динамометричний пристрій, який встановлювали на супорті в різцетримачі токарного верстата (рис. 3.1). Перед початком досліджень пристрій тарували з використанням взірцевого динамометра (0...10 кН).

Вимірювання основних характеристик зразків із композиційними покриттями виконувалися за допомогою таких вимірювальних засобів:

– зміну маси зразків після випробовувань визначали на аналітичних вагах ВЛР-200г 2 класу, точність зважування 0,05 мг;

– лінійні розміри зразків вимірювали мікрометром МК 25 з ціною поділки 0,01 мм, а також для цих цілей в окремих випадках використовувався малий інструментальний мікроскоп МИМ-1 з точністю 0,01 мм;

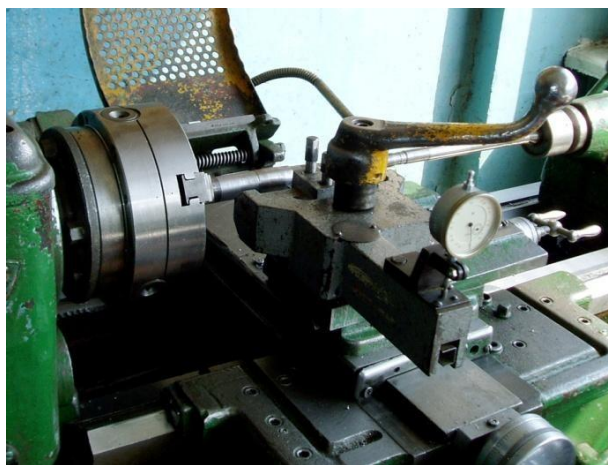


Рисунок 4.1 - Загальний вигляд пристрою для вимірювання сил різання при точінні покриттів на токарно-гвинторізному верстаті 1А616

Для вимірювання зносу різців після точіння деталей з покриттями використовували спеціальний пристрій (рис. 4.2). Контроль лінійного зношування різця визначали на основі результатів двох вимірів (після проведення токарної обробки різець охолоджували до кімнатної температури) за допомогою індикаторів годинникового типу з точністю 0,001 мм.

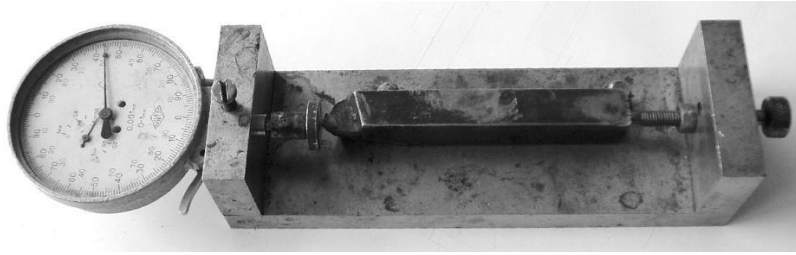


Рисунок 4.2 - Загальний вигляд пристрою для вимірювання ступеня зношення різця при точінні покриттів

Шорсткість зразків після нанесення покриттів, а також після проведення їх механічної обробки визначали за допомогою модернізованого приладу профілографа-профілометра моделі -201 виробництва заводу «Калибр». На цьому приладі мікронерівності поверхні вивчали шляхом запису нерівності поверхні в збільшеному масштабі електрометричним способом. Запис профілограми здійснювали на електротермічному папері при швидкості давача 1 мм/хв і швидкості паперу 200 мм/хв. Висоту нерівностей R_z профілю за десятьма точками визначали сумою середніх арифметичних абсолютних відхилень точок п'яти найбільших мінімумів $H_{i\ min}$ і п'яти найбільших максимумів $H_{i\ max}$ профілю в межах базової довжини. Середнє арифметичне відхилення R_a профілю наближено можна знайти як середнє арифметичне абсолютних значень відхилення профілю в межах базової довжини.

4.2. Технологічне обґрунтування складу композиційних покриттів і вплив технологічних параметрів процесу електродугового напилення композиційних покриттів на їх властивості

«Композиційні покриття отримують різноманітними методами [18, 19] зокрема електродуговою металізацією із порошкових дротів [15, 20] або з суцільних дротів, в тому числі з різних матеріалів» [15, 20]. Ці покриття характеризуються постійною концентрацією складових за їх товщиною і при вмісті в складі таких покриттів твердих частинок їх важко обробляти лезовим або абразивним різальним інструментом. Тому було розроблено груповий технологічний процес формування композиційних покриттів ЕДМ із матеріалу

суцільних дротів-електродів та частинок порошків, які вводять у металоповітряний потік із живильника, що дозволяє напилювати робочий нижній шар покриття із матеріалу дротів та порошків, а верхній – тільки з матеріалу дротів.

«Для формування таких покриттів необхідно обґрунтувати технологічні параметри: концентрацію частинок порошку, які вводять у металоповітряний потік при електродуговому напиленні, місце розташування дозуючої трубки живильника і початкову швидкість введення частинок порошку, напругу, силу струму дуги» [17, 20]. Матрицею для формування композиційних покриттів було вибрано дроти із алюмінію та сталі. Для цих дротів діаметром 2 мм рекомендовано технологічні режими роботи електродугового металізатора ЕМ-6, які наведені в табл. 4.2.

Досліджували формування композицій: матриця із сталевих дротів з частинками карбідів титану або вольфраму і матриця з алюмінієвих дротів з частинками титану або молібдену.

Відомо, що у «композиційних матеріалах зазвичай приймають таке співвідношення компонентів: наповнювач – до 60 %, решта – матриця» [17]. В літературі нам не зустрічалися дані про вміст частинок порошку при формуванні композиційних покриттів електродуговим методом, а розрахувати теоретично концентрацію складно, тому величину концентрації обґрунтовували експериментально, ставлячи обмеження на її величину для забезпечення стабільності горіння електричної дуги між дротами-електродами металізатора. Частинки порошків вводили у металоповітряний потік із живильника через дозуючу трубку для отримання композиційних покриттів з різною концентрацією наповнювача [10, 14]. За характером горіння електричної дуги металізатора спостерігали візуально з використанням світлозахисної маски для виконання зварювальних робіт, а також використовували фотофіксацію.

Процеси, які проходять в дузі під час ЕДМ мало чим відрізняються від процесів в дуговому розряді. Основна відмінність заключається в тому, що при ЕДМ на дугу діє стиснене повітря, яке дещо видовжує її та переносить краплини з розтопленого матеріалу дротів-електродів та частинки порошку, які вводять із живильника, на поверхню деталі. Як показують результати проведених нами досліджень, порошкові матеріали спричиняють вплив на стабільність горіння

електричної дуги. Так, введення в зону дугового розряду частинок титану або молібдену сприяє зростанню величини струму на дузі зі збільшенням їх відсоткового вмісту в складі композиційного покриття, а напруга струму падає в 1,25 – 1,3 рази (табл. 4.2). При цьому напругу холостого ходу встановлюють як і для звичайного процесу ЕДМ, оскільки процес напилення починається із загоряння дуги між дротами-електродами.

Таблиця 4.2- Вплив концентрації металевих порошоків титану та молібдену на процес горіння електричної дуги при електродуговому напиленні композиційних покриттів з використанням алюмінієвих дротів

Показники	Концентрація частинок порошку металу в покритті, %					
	0	5	10	15	20–22	>23
	Матеріал частинок порошку – Ti					
Напруга, В	28	28	26	24	22	-
Характер горіння дуги	Стабільний	Стабільний	Незначна нестабільність	Нестабільний	Зростання нестабільності	Суттєво нестабільна, згасання дуги
Напруга, В	Матеріал частинок порошку – Mo					
	28	28	26	23	21	-
Характер горіння дуги	Стабільний	Стабільний	Незначна нестабільність	Нестабільний	Зростання нестабільності	Суттєво нестабільна, згасання дуги

Також було встановлено, що оптимальне значення концентрації частинок даних металів в алюмінієвій матриці складає 20...22 %. Перевищення цього показника викликає нестійкість процесу горіння дуги, або навіть її гасіння, а сформовані в таких умовах покриття мають велику кількість нетоплених частинок порошку.

Аналізуючи дані отримані при напиленні сталевих покриттів з вмістом карбідів (табл. 4.3), спостерігаємо практично незмінний характер перебігу горіння дуги при незначних концентраціях частинок карбідів (до 10 %) в її зоні. Зростання концентрованих частинок в дузі до 15 % призводить до дестабілізації процесу її горіння. В більшій мірі це стосується карбиду титану, ніж карбиду вольфраму, і може пояснюватися різними величинами питомого електричного опору матеріалів. Для карбиду титану вона складає $\rho = 52,5$ мк·Ом·см, а для карбиду вольфраму – $\rho = 19,2 \pm 0,3$ мк·Ом·см.

Таблиця 4.3 - Вплив концентрації частинок порошку карбиду титану та вольфраму на процес горіння електричної дуги при напиленні композиційних покриттів з використанням сталевих дротів

Показники	Концентрація частинок порошку карбиду в покритті, %					
	0	5	10	15	17	більше 17
	Матеріал частинок порошку TiC					
Напруга дуги, В	30	32	35	38	40	-
Характер горіння дуги	Стабільний	Стабільний	Ознаки нестабільності	Нестабільний	Зростання нестабільності	Суттєво нестабільна, згасання дуги
Напруга дуги, В	Матеріал частинок порошку WC					
	30	32	34	36	39	-
Характер горіння дуги	Стабільний	Стабільний	Незначні ознаки нестабільності	Ознаки нестабільності	Зростання нестабільності	Суттєво нестабільна гасіння дуги

Подальше збільшення концентрації карбідів в складі композиційного покриття призводить до суттєвої нестабільності процесу горіння дуги, а при значеннях більше 17 % – до її згасання. Тому для забезпечення отримання композиційних покриттів із вмістом карбідів титану і вольфраму до 17 % при стійкому горінні дуги процес електродугового напилення необхідно проводити при

збільшені сили електричного струму дуги в 1,20...1,25 рази у порівнянні з паспортними даними металізатора та напруги в 1,3 рази.

Типова будова покриття напиленого електродуговим методом за розробленою технологією представлена на рис 4.3 (x100). Нижній робочий композиційний шар складається з матеріалу дротів та частинок порошку WC, а верхній технологічний шар – тільки з матеріалу дротів, що підлягає подальшій механічній обробці.

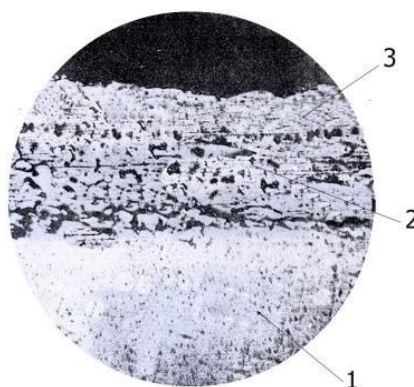


Рисунок 4.3 - Мікроструктура напиленого покриття: 1 – основа; 2 – робочий композиційний шар; 3 – верхній технологічний шар

Результати виконаних досліджень ілюструються графічними залежностями. На рис. 4.3, а показано, що для композиційних покриттів сталь- TiC та сталь-WC із зростанням вмісту в їх складі порошкової складової величина сили струму дуги спадає, а напруга зростає (табл. 4.3), що при певних значеннях вказаних характеристик може призвести до згасання дуги. Тому для забезпечення стабільності процесу ЕДМ, як вже відзначалось вище, необхідно напилення таких покриттів виконувати на підвищених режимах.

Зворотні тенденції спостерігаються для композиційних покриттів системи Al-Mo або Al-Ti. При їх напиленні, як видно з графіків (рис. 4.4, б), значення сили струму зростає, а напруга на дузі – навпаки спадає (табл. 4.3). Така залежність зберігається до тих пір, поки величина концентрації порошкових частинок в складі композиції не перевищить 20 – 22 %, за межами якої починаються процеси нестабільного горіння дуги та, як один із варіантів цієї нестабільності – згасання дуги.

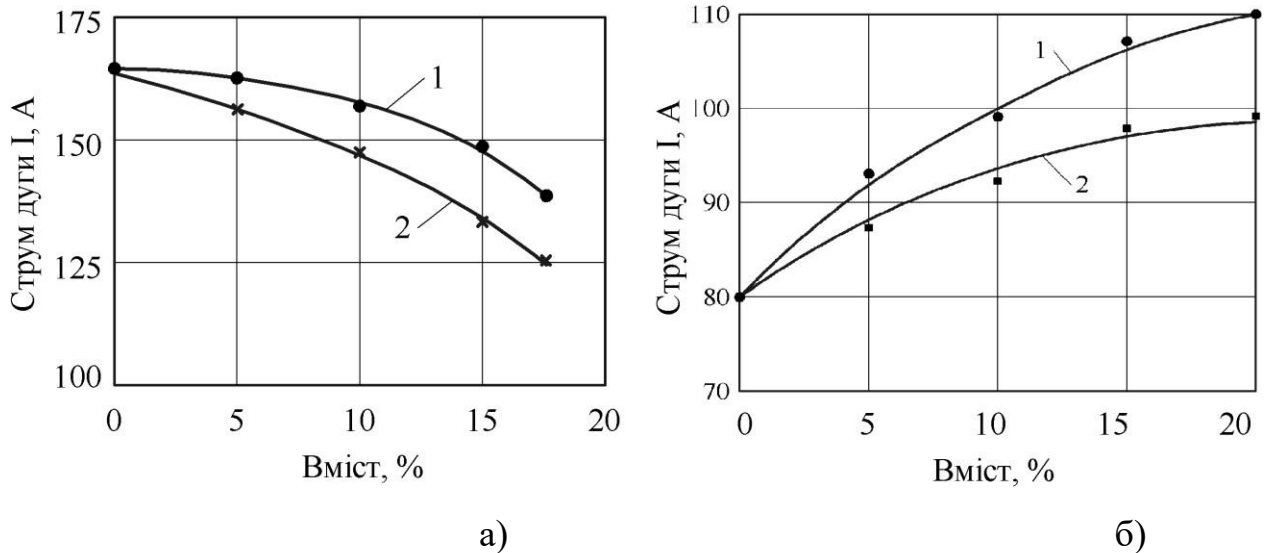


Рисунок 4.4 - Вплив вмісту частинок порошку в складі композиційного покриття на силу струму дуги:

- а) 1 – покриття сталь + WC; 2 – покриття сталь + TiC; б) 1 – покриття Al + Ti; 2 – покриття Al + Mo.

На основі визначених технологічних параметрів, які забезпечують стабільні умови формування композиційних покриттів із зазначеними складовими, було проведено експериментальне дослідження впливу їх складу та режимів ЕДМ, таких як сила струму та напруга на дузі, дистанція напилення та товщина нанесених шарів на міцність їх зчеплення зі сталевією основою.

На рис. 4.4 показано вплив на вказаний показник концентрації частинок порошків. Як бачимо, із збільшенням вмісту карбідів в сталевій матриці покриття міцність зчеплення знижується. Для композиційних покриттів із вмістом титану та молібдену в алюмінію залежність, що вивчається, при значеннях їх вмісту до 18 % зростає, а з подальшим збільшенням порошкових складових спадає. Вплив електричних параметрів горіння дуги при подачі порошків карбідів TiC та WC в складі сталевієї матриці та металів Ti і Mo в алюмінієвії матриці на міцність зчеплення покриттів з основою представлено графічними залежностями на рис. 4.4 а, б. Аналізуючи їх, можемо зробити висновок, що із зростанням сили струму на дузі (напруги) сила зчеплення композиційних покриттів з основою зменшується.

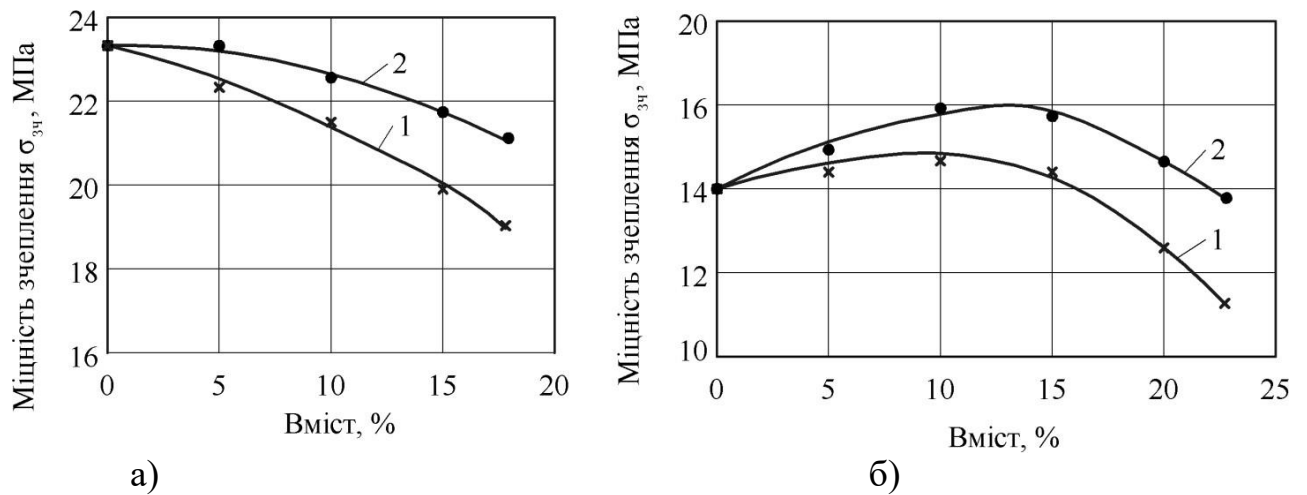


Рисунок 4.5 - Залежність міцності зчеплення композиційного покриття з сталеву основою від вмісту частинок порошку:

а) 1 – покриття сталь + WC; 2 – покриття сталь + TiC; б) 1 – покриття Al + Ti; 2 – покриття Al + Mo.

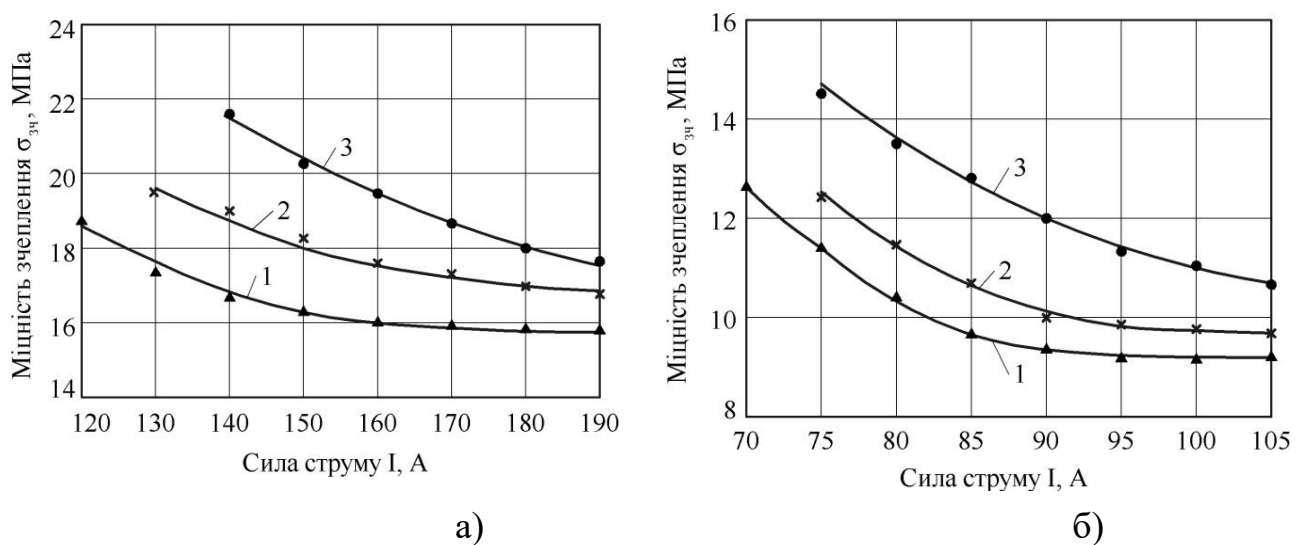


Рисунок 4.6.-Залежність міцності зчеплення покриттів з сталеву основою від величини сили струму дуги:

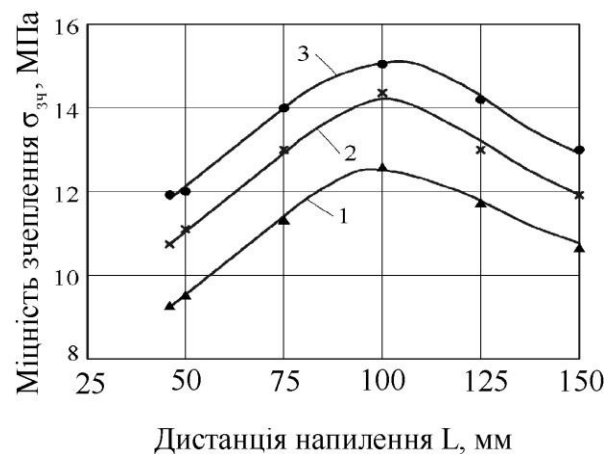
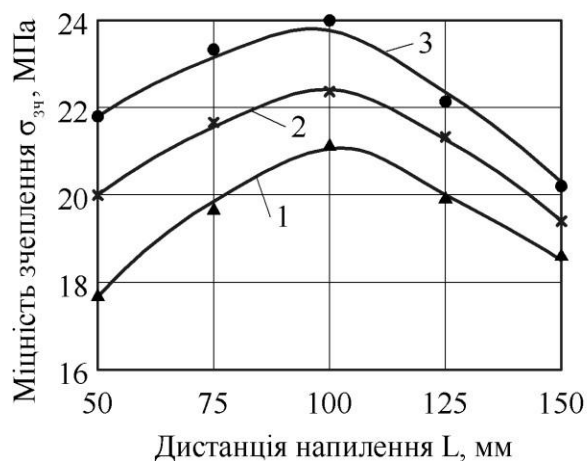
а) 1 – покриття зі сталі; 2 – покриття сталь + 17% WC; 3 – покриття сталь + 17% TiC; б) 1 – покриття з Al (алюмінію); 2 – покриття Al + 20% Ti; 3 – покриття Al + 20% Mo.

Вказана тенденція спостерігається, як для звичайних покриттів з дровів-електродів, так і для композиційних покриттів. Загальною причиною такого характеру отриманих залежностей можна вважати збільшення середнього розміру частинок матричних матеріалів (сталі, алюмінію), що розпилюються із суцільних дровів, які складають основну частку складу композиційних покриттів. Збільшення

розмірів розпилювальних частинок призводить до зменшення співвідношення площі контакту частинок з основою, та загальної площі частинки, що призводить до зменшення міцності зчеплення сформованих шарів покриття з основою. Значення даного параметру для композиційних шарів вища, ніж для звичайних, що можна пояснити зростанням кінетичної енергії металоповітряної суміші у зв'язку із тим, що частинки порошоків попадають в неї з початковою швидкістю.

Характер впливу дистанції напilenня на міцність зчеплення з основою напilenних покриттів із суцільних дровів та композиційних покриттів має екстремальні значення для всіх вказаних різновидів покриттів (рис.4.5, а, б). Із збільшенням дистанції напilenня в межах 90-110 мм міцність зчеплення спочатку зростає, а потім починає зменшуватися, що пояснюється зменшенням кінетичної енергії частинок, що розпилюються, та зниженням їх температури. Дані параметри суттєво впливають на силу удару частинок, ступінь їх деформації та якість взаємодії з матеріалом основи.

Дослідження залежності міцності зчеплення від товщини композиційних покриттів показало, що зі збільшенням їх товщини міцність зчеплення зменшується. Спільним фактором, що викликає таку тенденцію зміни даного показника, є зростання внутрішніх напружень в покритті із ростом його товщини. Однак цей фактор діє по-різному в різних за складом покриттях, що пояснюється передусім взаємовідмінністю коефіцієнтів термічного розширення α напilenованих матеріалів та основи. Так, в композиціях сталь-карбід металу (рис. 4.6, а) більші значення адгезії покриттів отримуємо для шарів сталь-WC, далі ідуть сталь-TiC та покриття зі сталі з дровів- електродів. Відповідно, коефіцієнти термічного розширення є для сталі $\alpha=11,0 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, карбїду вольфраму $\alpha=3,84 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, карбїду



титану – $7,0 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Як бачимо, карбіди вольфраму та титану мають менші значення α , і тому їх присутність в композиційних шарах дещо зменшує величину внутрішніх напружень, спричиняючи підвищенню міцності зчеплення з основою у порівнянні із сталевими покриттями.

а)

б)

Рисунок 4.7 - Вплив дистанції напilenня на міцність зчеплення композиційних покриттів з сталеву основою:

а) 1 – покриття зі сталі; 2 – покриття сталь + 17% WC; 3 – покриття сталь + 17% TiC; б) 1 – покриття з Al (алюмінію); 2 – покриття Al + 20% Ti; 3 – покриття Al + 20% Mo.

Так само можна пояснити вигляд кривих залежності міцності зчеплення від товщини для композицій Al+20%Mo та Al+20%Ti, які напilenі на сталеву основу (рис.4.6, б). Коефіцієнти термічного розширення зазначених матеріалів мають значення: для алюмінію $\alpha=12,1 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, для молібдену $\alpha=5,49 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, для титану $\alpha=7,47 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Відповідно, найбільшу міцність зчеплення отримано для композиційних покриттів з частинками молібдену, а найменшу для покриттів з чистого алюмінію.

Спільний аналіз результатів наведених на рис. 4.7 показав, що введення частинок порошку в склад композиційних покриттів призводить до зростання міцності зчеплення на 8...10 %.

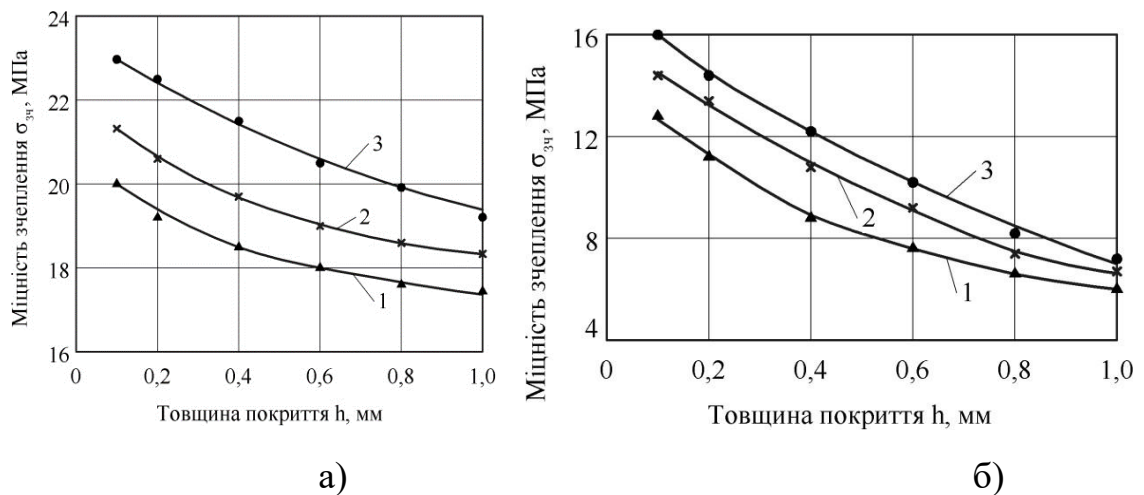


Рисунок 4.8 - Залежність міцності зчеплення напilenих композиційних покриттів з сталеву основою від їх товщини:

а) 1 – покриття зі сталі; 2 – покриття сталь + 17% WC; 3 – покриття сталь + 17% TiC; б) 1 – покриття з Al (алюмінію); 2 – покриття Al + 20% Ti; 3 – покриття Al + 20% Mo.

При вивченні впливу технологічних параметрів процесу на міцність зчеплення напилених композиційних покриттів нами було досліджено фактор впливу на даний показник підшарів з певних матеріалів, які в силу своїх фізико-хімічних властивостей мають досить високу адгезію з основою та з напиленими покриттями. В основі вибору матеріалу підшару лежать такі параметри, як задовільне змочування ними матеріалів основи та напилюваного покриття, можливість виникнення мікрозварних та хімічних зв'язків між ними, наявність, хоча частково, властивостей відновлювати оксиди вказаних матеріалів, невисокий модуль пружності, достатню міцність, що забезпечують оптимальні пружно-пластичні властивості перехідної зони та її міцність. Матеріалами підшарів є нікель, молібден, вольфрам, ніхром, нержавіюча сталь, легкоплавкі метали.

Підшари наносять, як правило, на спеціально підготовлену поверхню механічною обробкою, перед напиленням покриттів такими методами: газотермічним напиленням, плакуванням, термодифузійним насиченням із рідиннометалевої фази, гальванічним, електроіскровим легуванням.

Висновки:

1. Встановлено склад та технологічні параметри формування композиційних покриттів комплексним методом на сталевій та алюмінієвій матрицях і введенням частинок порошків карбідів вольфраму або титану, а також металів молібдену та титану. Відповідно формувались композиції таких складів: сталь + WC або TiC; Al+Ti або Mo з максимальним вмістом карбідів до 17% і металів до 22%.

2. Визначено, що для напилення композиційних покриттів системи сталь + WC або TiC оптимальними технологічними режимами є: $I_{\delta}=130...150$ А, $U_{\delta}=35...40$ В, $L=100...110$ мм, $P=0,5...0,6$ МПа; для покриттів системи Al+Ti або Mo: $I_{\delta}=75...85$ А, $U_{\delta}=24...28$ В, $L=90...110$ мм, $P=0,5...0,6$ МПа. Показано, що введення частинок порошків до складу композиційного напиленого покриття

призводить до зростання міцності зчеплення з основою на 8...10 %. ВЕО підвищує міцність зчеплення композиційних покриттів з основою в 1,5 раза. Композиційні покриття мають більшу зносостійкість з вмістом порошків: TiC – в 1,4 рази, а WC – в 1,3 рази, а ВЕІЛ в 1,4 рази порівняно із покриттями отриманими зі сталевих дротів.

ВИСНОВКИ

1. На основі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність використання методу електродугового напилення композиційних покриттів завдяки технологічності, універсальності, можливості нанесення покриттів значної товщини при відновленні деталей.

2. Встановлено склад та технологічні параметри формування композиційних покриттів комплексним методом на сталевій та алюмінієвій матрицях і введенням частинок порошків карбідів вольфраму або титану, а також металів молібдену та титану. Відповідно формувались композиції таких складів: сталь + WC або TiC ; $Al+Ti$ або Mo з максимальним вмістом карбідів до 17% і металів до 22%.

3. Визначено, що для напилення композиційних покриттів системи сталь + WC або TiC оптимальними технологічними режимами є: $I_d=130...150$ А, $U_d=35...40$ В, $L=100...110$ мм, $P=0,5...0,6$ МПа; для покриттів системи $Al+Ti$ або Mo : $I_d=75...85$ А, $U_d=24...28$ В, $L=90...110$ мм, $P=0,5...0,6$ МПа. Показано, що введення частинок порошків до складу композиційного напиленого покриття призводить до зростання міцності зчеплення з основою на 8...10 %. ВЕО підвищує міцність зчеплення композиційних покриттів з основою в 1,5 раза. Композиційні покриття мають більшу зносостійкість з вмістом порошків: TiC – в 1,4 рази, а WC – в 1,3 рази, а ВЕІЛ в 1,4 рази порівняно із покриттями отриманими зі сталевих дротів.

4. Проведено та технологічно обґрунтовано методи відновлення поверхонь деталі. Сформовано маршрут технологічного процесу відновлення деталі. Розраховано припуски та граничні розміри на поверхню $\varnothing 80$. Проведено розрахунок та призначено режими різання. Вибрано та обґрунтовано обладнання і джерела живлення. Проведено нормування технологічного процесу.

5. Спроектовано верстатний пристрій для горизонтально-розточної операції. Даний пристрій використовується при виконанні операції 045 - горизонтально-розточної операції на верстаті 2A620Ф2-1. Обґрунтовано принципу дії та структурну схему пристрою. Проведено розрахунок пристрою на точність та силовий розрахунок параметрів приводу. Дано опис конструкції та роботи пристрою. Спроектовано пристрій для контролю співвісності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інноваційні підходи в підготовці магістрів з прикладної механіки : навч. посіб. / Т. Є. Божко, Б. П. Валецький, Л. М. Самчук, Т. І. Четвержук . – Луцьк : Вежа-Друк, 2024. – 324 с.
2. Якімов О.В. Технологія машино- та приладобудування: навчальне видання / О.В. Якімов, В.І. Марчук. - Луцьк, 2005. – 710с.
3. Божидарнік В., Григорєва Н., Шабайкович В. Технологія виготовлення виробів: навчальний посібник / В. Божидарнік, Н. Григорєва, В. Шабайкович. – Л.: Надстиря, 2006. – 592с.
4. Гарнець В. М. Механічна обробка заготовок різанням: навч. посібник / В. М. Гарнець [та ін.]. – К. : КНУБА, 2008. – 164 с.
5. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування : підручник / Мельничук П.П., А.І. Боровик, П.А. Лінчевський. – Житомир: ЖДТУ, 2005.
6. Металообробне обладнання. Кінематичний аналіз металорізальних верстатів. Навч. Посіб. / Ю.М. Данильченко, О.В. Шевченко, В.А. Ковальов, В.Н. Волошин. – К: НТУУ «КПІ», 2007. – 57 с.
7. Zabolotnyi, O., Bozhko, T., Machado, J., Yarmoliuk, S., Zaleta, O. (2021). Influence of the Cutting Temperature on the Surface Layer Quality When Grinding Sintered Porous Materials. In: Tonkonogyi, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G., Pavlenko, I. (eds) Advanced Manufacturing Processes III. InterPartner 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham / URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-91327-4_45.
8. Zabolotnyi, O., Bozhko, T., Halchuk, T., Zaleta, O., Cagaňová, D. (2022). Investigation of the Surface Layer Hardness When Grinding Sintered Porous Workpieces. In: Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Rauch, E., Peraković, D. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing V. DSMIE 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham / URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-06025-0_35
9. Пат. 67165 Україна, МПК В 05 D 3/14. Спосіб підготовки поверхні деталей перед газотермічним напиленням покриттів / В. В. Кустов, Л. Я. Роп'як, А. К. Смаглюк; заявник і патентовласник: Кустов В. В. – № u201107081; заявл.

06.06.11; опубл. 10.02.12, Бюл. № 3.

10. Голубець В. М. Технологічні методи поверхневого зміцнення металічних конструкційних матеріалів: [Навч. посібник] / В. М. Голубець. – Львів: ВТФ «Друксервіс», 2000. – 178 с.

11. Ясь Д. С. Методи відновлення та підвищення довговічності деталей машин легкої промисловості / Д. С. Ясь. – К.: УМК ВО, 2002. – 364 с.

12. Чернець М. Методи прогнозування та підвищення зносостійкості триботехнічних систем ковзання: у 3 т./ М. Чернець, М. Пашечко, А. Невчас. – Т. 2.: Поверхнєве зміцнення конструкційних матеріалів трибосистем ковзання.– Дрогобич: Коло, 2001. – 512 с.

13. Пулька, Ч. В. Технологічна та енергетична ефективність індукційного наплавлення тонких сталевих дисків: дис. доктора техн. наук: 05.03.06 / Пулька Чеслав Вікторович. – К.: 2006. – 368 с

14. Савуляк В. І. Вплив швидкості наплавлення на зносостійкість високовуглецевих шарів, нанесених методом електродугового наплавлення з використанням вуглецевих волокнистих матеріалів / В. І. Савуляк, В. Й. Шенфельд, О. Б. Янченко // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк: Луцький нац. техн. ун-т, 2013. – Вип. 41(1). – С. 224 – 229.

15. Davis J. R. Hadbook of Thermal Spray Technology / J. R. Davis, 2004. – 338 р.

16. Heimann Robert B. Plasma Spray Coating / Robert B. Heimann. VCH Verlagsgesellschaft mbH, 2006 – 339 p.

17. Похмурський В. І. Електродугові відновні та захисні покриття / В. І. Похмурський, М. М. Студент, В. М. Довгунік, Г. В. Похмурська, І. Й. Сидорак. – Львів, Національна академія наук України, Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка. – 2005. – 192 с. + вклейка 8 с.

18. Петров С. В. Плазмове газоповітряне напилення / С. В. Петров, И. Н. Карп. – К: Наукова думка, 2003. – 495 с.

19. Борисов Ю. С., Плазмові порошкові покриття / Ю. С. Борисов, А. Л. Борисова. – К.: Техніка, 2006. – 223 с..

20. Газотермічні покриття із порошкових матеріалів : Справочник / Ю. С.

Борисов, Ю. А. Харламов, С. Л. Сидоренко, Е. Н. Ардатовская. – К.: Наукова думка, 2007. – 544 с.