

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ «ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ
ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ»

Відділення транспорту та інженерної механіки

Циклова комісія зварювальних технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи

фахового молодшого бакалавра

на тему: Проект вдосконалення технологічного процесу наплавлення
леміша плуга 1023

Виконав: студент II курсу, групи ПМ-422ск
Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Вадим МАХИНКА

Керівник

Марія ДРАНІВСЬКА

Рецензент

м. Тернопіль – 2024

ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА
ПУЛЮЯ»

Відділення _____ транспорту та інженерної механіки
Циклова комісія _____ зварювальних технологій
Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ фаховий молодший бакалавр
Галузь знань _____ 13 Механічна інженерія
Спеціальність _____ 131 Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
Марія ДРАНІВСЬКА

«__» _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

МАХИНЦІ Вадиму Михайловичу

Тема роботи _____ Проект вдосконалення технологічного процесу наплавлення
леміша плуга 1023

Керівник роботи _____ ДРАНІВСЬКА Марія Богданівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджений наказом від _____ 17. 04. 2024 року № 4/9-185

Термін подання студентом роботи _____ 20.06.2024р.

Вихідні дані до роботи _____ креслення виробу, базовий технологічний процес
виготовлення виробу

Зміст розрахунково-пояснювальної записки

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції виробу

1.2 Характеристика матеріалу виробу

1.3 Технічні умови на наплавлення виробу (конструкції)

1.4 Аналіз базового технологічного процесу наплавлення виробу
(конструкції) та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу наплавлення

2.2 Вибір матеріалів для наплавлення

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму наплавлення

2.4 Вибір і обґрунтування устаткування для наплавлення

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення

| |
|---|
| виробу (конструкції) |
| 2.7 Нормування технологічного процесу наплавлення виробу (конструкції) і витрат матеріалів та електроенергії |
| 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ |
| 3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при наплавленні виробу чи конструкції |
| 3.2 Опис роботи наплавлювального пристосування |
| 4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ |
| 4.1 Розрахунок кількості обладнання |
| 4.2 Розрахунок кількості працівників |
| 4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів |
| 4.4 Розрахунок фонду оплати праці |
| 4.5 Калькуляція собівартості деталі |
| 4.6 Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого технологічного процесу та його економічної ефективності |
| 4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу |
| 5 ОХОРОНА ПРАЦІ |
| 5.1 Шкідливі та небезпечні фактори при зварюванні |
| 5.2 Професійні захворювання зварників та шляхи їх попередження |
| 5.3 Вимоги охорони праці та пожежної безпеки під час розробки проекту вдосконалення технологічного процесу наплавлення леміша плуга |
| Перелік графічного матеріалу |
| 1. Технологічний процес наплавлення леміша плуга 1023 – 1.0 (форм. А1) |
| 2. Складальне креслення леміша плуга 1023 – 1.0 (форм. А3) |
| 3. Складальне креслення стенду наплавлювального – 1.0 (форм. А1) |
| 4. Складальне креслення притискача важільного – 1.0 (форм. А1) |

Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|----------------------------------|---|--|--|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Організаційно-економічний розділ | Оксана РЕДЬКВА, викладач | _____ (підпис) _____ (дата) | _____ (підпис) _____ (дата) |
| Охорона праці | Любов КИЦКАЙ, викладач | _____ (підпис) _____ (дата) | _____ (підпис) _____ (дата) |

Дата видачі завдання _____ 20.05.2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|--------------------------------|----------|
| 1 | Аналітичний розділ | 23.05.2024 | |
| 2 | Технологічний розділ | 27.05.2024 | |
| 3 | Конструкторський розділ | 05.06.2024 | |
| 4 | Організаційно-економічний розділ | 10.06.2024 | |
| 5 | Охорона праці | 13.06.2024 | |
| 6 | Графічна частина | 17.06.2024 | |
| 7 | Перевірка на плагіат | 19.06.2024 | |

Студент

(підпис)

Вадим МАХИНКА

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Марія ДРАНІВСЬКА

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу наплавлення леміша плуга 1023 є вдосконалення вже наявного заводського варіанту зі зміною способу зварювання, обладнання, матеріалів та інших виробничих операцій. В загальному технологія виготовлення конструкції представлена заготівельними, складальними, зварювальними, опоряджувальними, допоміжними та контрольними операціями. Виконання економічних розрахунків дозволяє оцінити можливість доцільності застосування даного технологічного процесу у виробництві. Дотримання вимог техніки безпеки та охорони праці займають важливе місце у технологічних процесах виготовлення конструкцій, оскільки від цього безпосередньо залежить здоров'я працівників підприємства.

ANNOTATION

Welding processes have an important part in the manufacture technology of metal constructions. Complication of metal constructions can be of different levels. The feature of technological process are the improvement of factory process of surfacing plow blade 1023. The main improvements are change welding process, equipment, materials and others operations of manufacture. The technological process of constructions manufacturing are present of technological operations, such as procurement, assembling, welding, equipment, additional and control. The economic calculations allow estimating the possibility of practical applying the technological process. The safety equipment and fire protection is consider in this report yet.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| | с. |
| ВСТУП | 6 |
| 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ | 7 |
| 1.1 Опис конструкції виробу | 7 |
| 1.1.1 Технічні вимоги до виробу | 7 |
| 1.2 Характеристика матеріалу виробу | 8 |
| 1.3 Технічні умови на виготовлення конструкції | 9 |
| 1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів | 9 |
| 1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів | 9 |
| 1.3.3 Вимоги до наплавленої поверхні виробу | 10 |
| 1.3.4 Вимоги до складання | 10 |
| 1.3.5 Вимоги до якості конструкції | 11 |
| 1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи | 11 |
| 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ | 13 |
| 2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу наплавлення | 13 |
| 2.2 Вибір матеріалів для наплавлення | 15 |
| 2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму наплавлення | 16 |
| 2.4 Вибір і обґрунтування устаткування для наплавлення | 18 |
| 2.5 Вибір методу контролю якості виробу | 21 |
| 2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення конструкції | 23 |
| 2.6.1 Заготівельні операції | 23 |
| 2.6.2 Складальні операції | 24 |
| 2.6.3 Складально-наплавлювальні операції. | 24 |

| | | | | | | | | |
|-----------|------------|----------|--------|------|---|---------------------------------|------|---------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | Махинка | | | | Проект вдосконалення технологічного процесу наплавлення леміша плуга 1023 Пояснювальна записка | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір. | Дранівська | | | | | | 4 | 60 |
| Реценз. | | | | | | ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск | | |
| Н. Контр. | Залуцька | | | | | | | |
| Затв. | Дранівська | | | | | | | |

| | | | |
|-------|---|-----------|----|
| 2.6.4 | Опоряджувальні операції | | 25 |
| 2.6.5 | Допоміжні операції | | 25 |
| 2.6.6 | Контроль якості | | 26 |
| 2.7 | Нормування технологічного процесу виготовлення конструкції і витрат матеріалів та електроенергії | | 26 |
| 3 | КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ | | 27 |
| 3.1 | Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції | | 27 |
| 3.2 | Опис роботи наплавлювального пристосування | | 28 |
| 4 | ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ | | 32 |
| 4.1 | Розрахунок кількості обладнання | | 32 |
| 4.2 | Розрахунок кількості працівників | | 37 |
| 4.3 | Визначення витрат і вартості основних матеріалів | | 39 |
| 4.4 | Розрахунок фонду оплати праці | | 40 |
| 4.5 | Калькуляція собівартості виробу | | 45 |
| 4.6 | Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого технологічного процесу та його економічної ефективності | | 46 |
| 4.7 | Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу | | 48 |
| 5 | ОХОРОНА ПРАЦІ | | 50 |
| 5.1 | Шкідливі та небезпечні фактори при зварюванні | | 50 |
| 5.2 | Професійні захворювання зварників та шляхи їх попередження | | 51 |
| 5.3 | Вимоги охорони праці та пожежної безпеки під час розробки проекту вдосконалення технологічного процесу наплавлення леміша плуга | | 55 |
| | ВИСНОВКИ | | 57 |
| | ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ | | 58 |
| | ДОДАТКИ | | 60 |

ВСТУП

Зварювання і наплавлення широко використовують при ремонті різного машинобудівного, транспортного, хімічного, поліграфічного, текстильного, харчового та іншого обладнання.

За допомогою цих процесів можна надійно відновити деталі машин та апаратів, що вийшли зі строю та є непридатними для подальшої експлуатації, це дозволяє в 2 – 3 рази і навіть більше підвищити терміни служби обладнання, економити значні витрати народного господарства та зменшити недоцільне використання металу.

В ремонтних роботах використовують різноманітні способи зварювання і наплавлення. Сучасний рівень зварювальної технології дає можливість широко її використовувати для ремонтних цілей.

В процесі виконання наплавлювальних робіт при виготовленні різноманітних машин і механізмів достатньо широко використовується автоматизація, а для ремонтних робіт, пов'язаних із відновленням пошкоджених деталей, механізація процесів впроваджується в меншій степені.

На великих підприємствах ремонт обладнання за допомогою зварювання добре організований і дозволяє відновлювати широкий асортимент деталей. В той же час на багатьох підприємствах, де ремонтні служби недостатньо добре володіють цими процесами, багато деталей і частин машин, які могли б бути відновлені для подальшого застосування, викидаються і замінюються новими. Така заміна деталей вимагає надмірних затрат ресурсів та великої кількості металу.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 6 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції виробу

Леміш 1023 використовується в конструкціях тракторних плугів і його основна робота полягає у підрізанні нижнього шару ґрунту. Конструктивно леміш з'єднаний з відвалом, який і перекидає зрізану частину ґрунту. Леміш плуга 1023 виготовляється методом кування із сталі марки 1050, який зображений на рисунку 1.1.

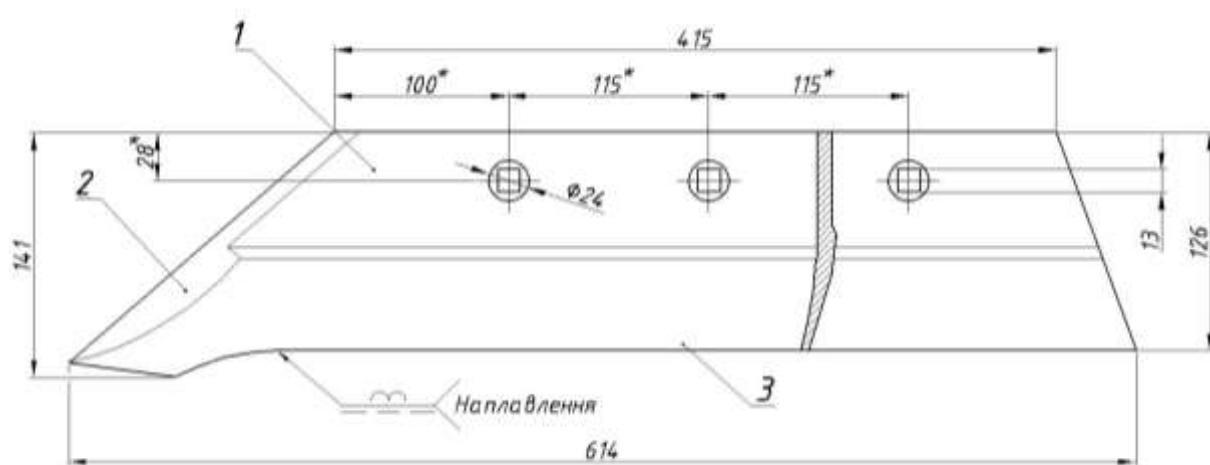


Рисунок 1.1 – Леміш плуга 1023

1 – основа, 2 – долото, 3 – лезо

Леміш плуга 1023 виготовляється розмірами: довжиною 614 мм, шириною 12 мм та висотою 141 мм.

1.1.1 Технічні вимоги до виробу

Так як леміш 1023 працює в складних умовах, при інтенсивному абразивному спрацюванні, то при його зміцненні необхідно враховувати

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 7 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

умови, що дозволять отримати наплавлений шар металу потрібної якості, забезпечуючи при цьому міцне його з'єднання із основою.

Процес виготовлення даних деталей відноситься до велико-серійного виробництва, тому необхідно врахувати його економічну доцільність, яка залежить від застосовуваної технології, використовуваного обладнання, механізації та автоматизації технологічного циклу, це б дозволило зменшити тривалість роботи наплавлювальників, яке буде мати позитивний вплив на продуктивність виробництва та якість наплавлюваних виробів.

1.2 Характеристика матеріалу виробу

В процесі експлуатації леміш плуга 1023 зазнає суттєвого абразивного спрацювання, тому для його виготовлення використовується вуглецева, конструкційна сталь, яка добре витримує експлуатаційне спрацювання та не зазнає структурних змін і деформацій в робочих умовах. Для виконання операції кування найбільш придатною буде середньовуглецева сталь марки 1050, яка володіє оптимальними показниками міцності і в'язкості.

Хімічний склад сталі 1050 приведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 1050, % [1]

| C | Mn | S | P |
|-------------|-------------|-----------|-------|
| | | не більше | |
| 0,48 – 0,55 | 0,60 – 0,90 | 0,050 | 0,040 |

Механічні характеристики сталі 1050 приведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Механічні характеристики сталі 1050 [1]

| Границя міцності σ_B , МПа | Відносне видовження δ_5 , % |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| ≥ 370 | 30 |

1.3 Технічні умови на виготовлення конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Хімічний склад та механічні властивості застосовуваних матеріалів повинні регламентуватись спеціальними стандартами у відповідності до технічних умов.

Важливою властивістю матеріалів є їх якість, що підтверджується відповідними сертифікатами, які повинні надати їх виробники або постачальники.

На всі застосовувані матеріали у технологічному процесі повинні відповідати ДСТУ, в яких повинні бути вказаним їх можливе застосування відповідно до призначення.

Якщо конструкція є особливо відповідальною, то у технічній документації повинні бути прописані додаткові вимоги, що пред'являються до використовуваних матеріалів.

Для виготовлення конструкцій використовується конструкційна середньовуглецева сталь 1050, відповідно стандарту вона постачається за нормованим хімічним складом і механічними характеристиками.

Метал, який використовується для виготовлення леміша плуга 1023 повинен бути ретельно очищений від наявних забруднень. Так як їх присутність може служити джерелом виникнення подальших дефектів.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Загальний показник шорсткості леміша плуга 1023 складає R_a 6,3, але поверхні, які будуть контактувати з іншими деталями в процесі експлуатації повинні мати шорсткість R_a 0,8.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 9 |

Технологічний процес наплавлення повинен забезпечувати стабільну точність і якість поверхонь відповідно до допусків на наплавлення. Висока точність також залежить від правильності проведення заготівельних операцій.

Для того, щоб отримати високу точність, потрібне використання додаткових фіксуючих пристосувань або спеціальних пристроїв в технологічному процесі наплавлення лемішів плугів.

1.3.3 Вимоги до напавленої поверхні виробу

Напавлена поверхня повинна володіти всіма необхідними властивостями, щоб задовольняти умови експлуатації, а основні її характеристики вказуються у нормативно-технічній документації. Достатня зносостійкість напавленого металу повинна досягатись використовуваною технологією із вказівкою її значень у технічних умовах на виготовлення чи напавлення виробу.

Шар металу напавленої поверхні не повинен мати дефектів, таких як:

- тріщин будь-якої величини і глибини залягання;
- надмірної пористості напавленого металу;
- нерівномірність товщини та ширини зони напавлення, що пояснюється порушеннями її перерізу.

Щоб позбутися цих небажаних дефектів у напавленому металі, потрібно правильно вибирати спосіб напавлення із якісними матеріалами.

1.3.4 Вимоги до складання

Дана технологічна операція для процесу напавлення не використовується, оскільки леміш – це одна виплавлена деталь, а не складальна одиниця. Тому важливе значення в процесі виготовлення виробів займають заготівельні операції і безпосередньо технологічний процес напавлення.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 10 |

1.3.5 Вимоги до якості конструкції

Технологічний процес наплавлення повинен розроблятися, відповідно із забезпеченням стабільної якості наплавлення, збереженням необхідної шорсткості поверхонь та рівномірності товщини шару наплавленого металу. Необхідна якість наплавлення може одержуватися за умови використання якісних матеріалів та правильно підібраних параметрах режиму.

Якість наплавлення забезпечується при виконанні таких умов:

- наплавлювальні роботи виконувати найбільш придатними та якісними матеріалами;
- відсутність в наплавленому шарі дефектів;
- забезпечити необхідний хімічний склад шару наплавлення;
- контроль якості наплавлення проводиться на вимірювання рівномірності товщини шару наплавленого металу.

1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи

Базовий технологічний процес виготовлення леміша плуга 1023 полягав тільки у виливанні його форми та подальшого кування, без застосування додаткового наплавлення. Тільки використання додаткових механічних операцій з метою зняття залишків кування з поверхні виробу.

Проаналізувавши дефекти, які виникають при експлуатації леміша плуга 1023, спостерігається надмірне короблення і викришування виробу на робочих поверхнях, що пояснюється інтенсивним абразивним спрацюванням одночасно з динамічними навантаженнями, які спричиняються умовами роботи плуга. Тому щоб підвищити термін служби виробів, вдосконалений технологічний процес виготовлення леміша плуга 1023 включає додаткову технологічну операцію – наплавлення, це дозволяє підвищити технічні

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 11 |

характеристики наплавлених поверхонь, які піддаються інтенсивному спрацюванню, а відповідно і підвищити ресурс роботи.

Найкращим способом наплавлення лемішів буде індукційний, який має такі переваги, як: висока технологічність, велика продуктивність процесу, здатність наплавлювати поверхні різної величини та конфігурації при порівняно невеликій потужності використовуваного устаткування.

До недоліків індукційного наплавлення можна віднести високу енергоємність процесу, що пояснюється великим споживанням електричної енергії.

Використання одночасного наплавлення деталей по всій робочій поверхні, дозволяє додатково підвищити продуктивність, за рахунок сучасних енергоефективних генераторів високої частоти та спеціальних індукторів, що забезпечують спрямування температурного поля в зону наплавлення, забезпечуючи при цьому високу якість і стабільність наплавлення. Додаткова оптимізація типорозмірів індукторів, за рахунок коригування значень потужності, дозволить додатково зменшити витрати електричної енергії на технологічний процес наплавлення поверхні.

Застосування спеціальних параметрів індукційного наплавлення, які спрямовані на додаткову економію енергії відносно заданого часу [2] не дозволить отримати бажаних результатів, так як часті переналагоджування застосовуваного устаткування – високочастотного генератора, можуть спричинити небажані поломки, що негативно позначиться на технології.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 12 |

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу наплавлення

Для нанесення необхідної товщини шару на поверхні леміша плуга можна використовувати способи дугового наплавлення, однак при цьому спостерігаються певні недоліки, що пов'язані з не дуже високою продуктивністю процесу, а також основним матеріалом є середньовуглецева сталь, яка погано сприймає інтенсивне глибоке проплавлення, що може викликати появу тріщин.

Газове наплавлення рекомендують застосовувати з метою підвищення зносостійкості робочих поверхонь деталей машин [3]. Розплавлення присадного матеріалу здійснюється в основному ацетиленокисневим полум'ям, так як його температура досягає 3150 °С. В якості матеріалів може використовуватись пруток і дріт суцільного перерізу, а також порошкоподібна шихта, яка є найбільш стійкою проти спрацювання. Наплавлення цим способом може здійснюватися одночасно декількома наконечниками багатополум'яних пальників [3]. Дані пальники використовуються не тільки для ручного паяння, але і для машинного – механізованого.

До переваг газового наплавлення відносять мінімальне проплавлення та перемішування основного металу з наплавленим, всього 8 – 10%, відносна простота та універсальність процесу, що дозволяє наплавляти будь-які матеріали.

В свою чергу цей спосіб має свої недоліки, що пов'язані із його вибухонебезпечністю, низькою продуктивністю та якістю наплавленого шару металу, яка на пряму залежить від кваліфікації робітників.

Метод електроконтактного наплавлення також широко застосовується в промисловості [4-6]. Завдяки високій свої продуктивності, тому що в якості матеріалів застосовуються стрічки достатньо великого перерізу, також можуть використовуватись суцільні металеві дроти і порошкоподібні суміші.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 13 |

Перевагами цього способу є відсутність проплавлення основи, що дає можливість наплавляти тонкі прошарки матеріалу, при цьому виникнення деформацій деталей не спостерігається. Щодо його недоліків, то це недостатньо велика продуктивність процесу та дороговартісне обладнання, також недостатня стабільність товщини наплавленого шару металу.

В Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона розроблений спеціальний спосіб плазмового наплавлення, при якому використовується теплова дія стисненої дуги. Можливі випадки застосування плазмового наплавлення для відновлення спрацьованих чи наплавлення нових деталей машин описані роботами [7-8]. Наплавлення даним методом здійснюється із використанням порошкоподібних сплавів на залізній, а також на нікелевій основі. Для плазмового наплавлення характерне мале перемішування основного і наплавленого металів, можливість наплавляти тонкі прошарки, широка номенклатура вибору наплавлювальних матеріалів. Водночас для плазмового наплавлення характерна низька продуктивність процесу та необхідність застосування дорогого та складного обладнання. Також при виконанні плазмового наплавлення потрібно ретельно підбирати потрібну грануляцію порошків, що також додатково призводить до здорожчення виконання наплавлюваних робіт. Всі ці недоліки не дозволяють плазмовому наплавленню отримати широке застосування в промисловості.

Проаналізувавши вищенаведені способи наплавлення, найбільш придатним в даному випадку буде спосіб індукційного наплавлення порошкоподібними твердими сплавами, що значно збільшить терміни експлуатації наплавлюваних виробів.

Аналіз процесу індукційного наплавлення із його технологічними відмінностями та обладнанням, яке необхідне для його виконання буде розглядатись в наступному матеріалі.

Процес одночасного індукційного наплавлення дозволяє зміцнювати певний типорозмір деталей при необхідній ширині зони наплавлення по

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 14 |

контуру наплавлюваної поверхні. При наплавленні деталей інших розмірів і ширини зони наплавлення необхідно підбирати інші конструктивні розміри кільцевого індуктора для наплавлення деталей експериментальним шляхом, що пов'язано з великими матеріальними затратами на їх конструювання і виготовлення. Це можна забезпечити шляхом проведення теоретичних досліджень з розробленням математичних моделей по оптимізації конструктивних розмірів індукторів та нагрівальних систем для наплавлення деталей довільних діаметрів і розмірів зони наплавлення з одержанням графічних залежностей або табличних даних для вибору конструктивних розмірів індукторів, виходячи з потреб технології, без проведення експерименту.

Тому аналізуючи основні методи індукційного наплавлення деталей, в тому числі лемішів плугів, постає питання додаткового вдосконалення даного процесу, шляхом розроблення нових технологічних процесів з вдосконаленням теоретичних основ по проектуванню і конструюванню нагрівальних індукторів і систем з метою підвищення технологічної і енергетичної ефективності індукційного наплавлення сталевих деталей.

2.2 Вибір матеріалів для наплавлення

В індукційному процесі наплавлення, як присадковий матеріал використовується порошкоподібна шихта підвищеної твердості. Вибір матеріалу для наплавлення пов'язаний із формуванням якісного шару напавленого металу, характеристики якого повністю задовольняють умови експлуатації напавленого виробу чи конструкції, що стосується леміша плуга 1023, то це висока зносостійкість при інтенсивному спрацюванні.

Індукційне наплавлення може використовувати порошкові матеріали типів ПГ-С1, ПГ-АН5, ПГ-АН8, ПГ-АН9, це дозволить забезпечити потрібну

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 15 |

структуру наплавленого металу без утворення виражених дефектів в зоні сплавлення.

Тому для наплавлення леміша плуга 1023 буде використовуватись порошкоподібний матеріал підвищеної твердості Сормайт – ПГ-С1, що дозволяє отримати шар наплавленого металу високої твердості та зносостійкості і набув широкого застосування в технологіях індукційного наплавлення деталей машин.

Порошкоподібний твердий сплав ПГ-С1 має хімічний склад, який представлений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад порошку ПГ-С1 [9, с.6]

| Вміст хімічних елементів, % | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|---------|---------|---------|---|----|---|--------|
| C | Cr | Si | Ni | Mn | B | Cu | W | Fe |
| 2,5-3,3 | 27-31 | 2,8-4,2 | 3,0-5,0 | 0,4-1,5 | - | - | - | основа |

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму наплавлення

Порівнюючи результати різних схем індукційного наплавлення встановлено, що найкраща якість наплавленого металу при високій продуктивності процесу та додатковій економії електричної енергії отримується при використанні систем нагрівання з кільцевими індукторами. До складу такої нагрівальної системи входить власне джерело живлення, індуктор кільцевого типу, електромагнітний і тепловий екрани і процес забезпечує формування наплавленого шару металу по всій робочій поверхні одночасно.

Наплавлення виконувалось паралельно двома нагрівальними системами, що склалися одна з яких із кільцевого індуктора і присутнім тепловим і

електромагнітним екрануванням та інша, в склад якої входив кільцевий двохвитковий індуктор, але без використання додаткового екранування. Ці дослідження проводились для наплавлення лемішів 1023 при яких наплавлення відбувалось кільцевими індукторами різного типу, площі та поперечного перерізу їх витків, а також визначався додатковий вплив на структуру екранування теплових і електромагнітних полів. Так процес наплавлення здійснювався паралельно двома нагрівальними системами, то в таблиці 2.2 представлені режими виконання даного процесу.

Одночасне наплавлення здійснювалось по всій ширині робочої зони від генератора типу ВЧИЗ-63/0,44 (див. табл. 2.2) при нерухомому положенні деталі. Параметри режиму роботи високочастотного генератора для виконання наплавлення без екранування в початковий момент часу складали: напруга на контурі – 3,1 кВ; напруга на аноді лампи – 11,5 кВ; струм сітки лампи – 0,65 А; струм анода лампи – 2 А; час виконання наплавлення поверхні деталі – 32 с. Наплавлення виконувалось у стаціонарному режимі роботи генератора, що характеризується зміною на індукторі питомої потужності по закону, який має вигляд:

$$W_{30} = \frac{\lambda_g m^2}{sh(am^2 \tau)} T_{30} e^{am^2 t}, \quad (2.1)$$

Коли процес наплавлення здійснювався системою, де додатково використовуються електромагнітний і тепловий екрани, при незмінних параметрах процесу одержується скорочення робочого циклу до 22 с (табл. 2.2).

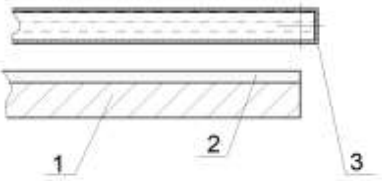
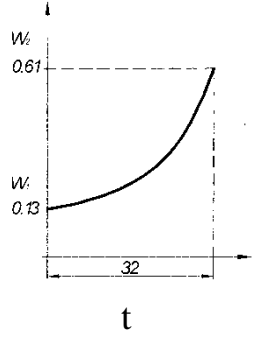
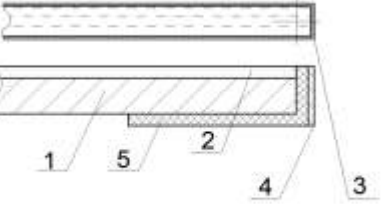
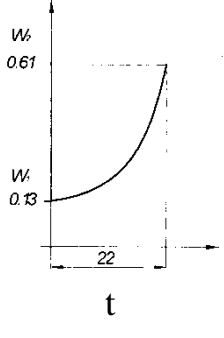
Значення питомої потужності складало:

- в початковий момент часу $W_1=0,13 \cdot 10^9$ Вт/м³,
- в кінцевий момент часу $W_2=0,61 \cdot 10^9$ Вт/м³.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 17 |

Необхідно відмітити, що зміна питомої потужності на індукторі по оптимальному (експоненціальному) закону здійснювалась за допомогою електромеханічного пристрою, зміною анодної напруги на генераторній лампі по заданому закону за заданий час.

Таблиця 2.2 – Нагрівальні системи і режими наплавлення

| Нагрівальні системи | Режими наплавлення | | | | | Тип генератора | Характер зміни питомої потужності на індукторі $W \cdot 10^{-9} \text{ Вт/м}^3$ |
|--|--------------------------------|--------------------|------------------------------------|----------------------|--------------------|----------------|---|
| | Напруга на контурі, кВ | Анодна напруга, кВ | Струм мережі лампи, А | Струм анода лампи, А | Час наплавлення, с | | |
| без екранування теплових і електромагнітних полів  | Змінні | | | | | ВЧИ –63/0,44 |  |
| | вхідні чисельник (t=0 с) | | вихідні знаменник (t= 32с) | | | | |
| | $\frac{3.1}{8.5}$ | $\frac{11.5}{12}$ | $\frac{0.65}{1.7}$ | $\frac{2}{5.5}$ | 32 | | |
| з екрануванням теплових і електромагнітних полів  | Змінні | | | | | ВЧИ –63/0,44 |  |
| | вхідні вихідні (t=0 с) | | чисельник знаменник (t=22 с) | | | | |
| | $\frac{3.1}{8.5}$ | $\frac{11.5}{12}$ | $\frac{0.65}{1.7}$ | $\frac{2}{5.5}$ | 22 | | |
| 1 - деталь; 2 - твердий сплав; 3 - індуктор; 4, 5 – відповідно електромагнітний і тепловий екрани | | | | | | | |

2.4 Вибір і обґрунтування устаткування для наплавлення

Індукційне наплавлення виконується за допомогою спеціальних установок, в склад яких входить, незалежно від їх типу, джерело живлення – високочастотний генератор, робочий інструмент – індуктор та інші допоміжні

технологічні пристосування. Для здійснення наплавлення в основному використовують високочастотні лампові, тиристорні та інверторні генератори, а також машинні перетворювачі. Частота в них становить: 50 кГц – лампові та інверторні генератори, 1 – 10 кГц – тиристорні та 0,5 – 8 кГц робочий діапазон машинних перетворювачів.

В якості лампових генераторів найбільшого застосування отримали типи ЛПЗ-37, ЛПЗ-2-67, ЛЗ-107, ВЧИ-63/0,066, ВЧИЗ-100/0,066, ВЧИЗ-160/0,066, робоча частота яких коливається від 60 кГц до 74 кГц. З розвитком високочастотних технологій у зварюванні та наплавленні, де робоча частота досягає 440 кГц, набули використання генератори таких типів: ВЧС 2 160/0,44; ВЧС 1 250/0,44; ВЧС 1 600/0,44, діапазон потужностей яких становить 160 – 600 кВт.

Широке регулювання робочих частот установок відбувається за рахунок застосування тиристорних та інверторних випрямлячів, що дозволяє виконувати процес наплавлення різних товщин наплавлених шарів, що є важливим для деталей відповідного призначення.

Що стосується машинних перетворювачів, то наплавлювальні установки можуть комплектуватися ОПЧ-250-10, який забезпечує наплавлення при частоті 10 кГц і при власній потужності 250 кВт. Залежно від масштабів виробництва установка може містити декілька таких перетворювачів.

Враховуючи особливості наплавлення даних деталей та параметри режиму, які повинні бути витримані найбільш придатним буде високочастотний генератор типу ВЧГЗ-100/0,44 [3]. Його технічні характеристики представлені у таблиці 2.3, а загальний вигляд показано на рисунку 2.1.

Високочастотний генератор ВЧГЗ-100/0,44 набув широко застосування в установках індукційного нагрівання, яке може використовуватись для наплавлення, паяння, а також термічного оброблення робочих поверхонь.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 19 |

Таблиця 2.3 – Технічна характеристика високочастотного генератора типу ВЧГЗ-100/0,44 [3, с.56]

| Назва параметру | | Значення | |
|--|-----------------------------|------------|-----------|
| Напруга мережі живлення, частотою 50 Гц, В | | 380 | |
| Потужність, що споживається від мережі, кВт | | 141 | |
| Коливальна потужність, кВт | | 100-10 | |
| Робоча частота, МГц | | 0,44±0,011 | |
| Коефіцієнт потужності при анодній напрузі 10,5-11,5 кВ, | | 0,85 | |
| Відхилення стабілізованої анодної напруги при регулюванні в межах 3,5 – 10,7 кВ при зміні напруги мережі живлення в межах ±5 % від номінального значення, %, не більше | | ±0,5 | |
| Розхід охолоджуючої води, м ³ /год | | 3,4 | |
| Тиск води охолодження, МПа | | 0,2 | |
| Габаритні розміри, мм | генераторного блоку | в плані | 2200×1400 |
| | | висота | 2730 |
| | блоку нагрівального контуру | в плані | 1000×1330 |
| | | висота | 2030 |
| Маса, кг | | 3000 | |



Рисунок 2.1 – Зальний вигляд генератора типу ВЧГЗ-100/0,44

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 20 |

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Вибір відповідного методу контролю якості задається обсягом потрібної інформації, що отримується при перевірці контрольного об'єкту, а також доцільністю його застосування в тих чи інших умовах. Виявлення зовнішніх дефектів наплавленого шару металу в основному відбувається візуальним контролем, який може проводитись, як із збільшувальним та вимірювальним інструментом, так і без нього. Він відноситься до методів неруйнівного контролю та є порівняно простим і дешевим. Даний контроль слід проводити згідно технології із фіксацією присутніх дефектів, виконавши їх аналіз можна буде вияснити причини їх появи.

Найбільш важливим показником якості в процесах наплавлення є забезпечення отримання правильної форми, перерізу та розмірів шару наплавленого металу на поверхні деталі, можливі відхилення повинні знаходитися в допустимих межах $1_{-0,2}^{+0,5}$ мм.

Тобто основним при наплавленні є забезпечення рівномірності товщини наплавленого шару. Так як технологічний процес виконувався двома методами – неперервним та послідовним, то для порівняння цих двох варіантів є спеціальна методика визначення товщини [10].

Для визначення товщини рівномірності наплавленого шару на поверхню деталі, яка є зворотною до наплавлення виконуються заглиблення відповідної величини на певній відстані за допомогою спеціального інструменту.

Дальше мікрометром вимірювалася товщина основного металу δ_1 , при цьому одна губка мікрометра мала також заглиблення, в яке опиралось на кулька відповідного діаметра, а інша губка була плоскою, схематичне зображення мікрометра показано на рисунку 2.2.

Призначення кульок при вимірюваннях полягає в тому, щоб підвищити точність виконання вимірювань, оскільки в процесі наплавлення на поверхні

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 21 |

утворюється окалина, яка може призвести до значних похибок при вимірюваннях звичайним мікрометром, а присутність цих кульок і заглиблень все таки підвищує точність вимірювання.

Визначення товщини наплавленого шару металу δ розраховувалась різницею товщин вже наплавленої деталі δ_2 та основного металу δ_1 .

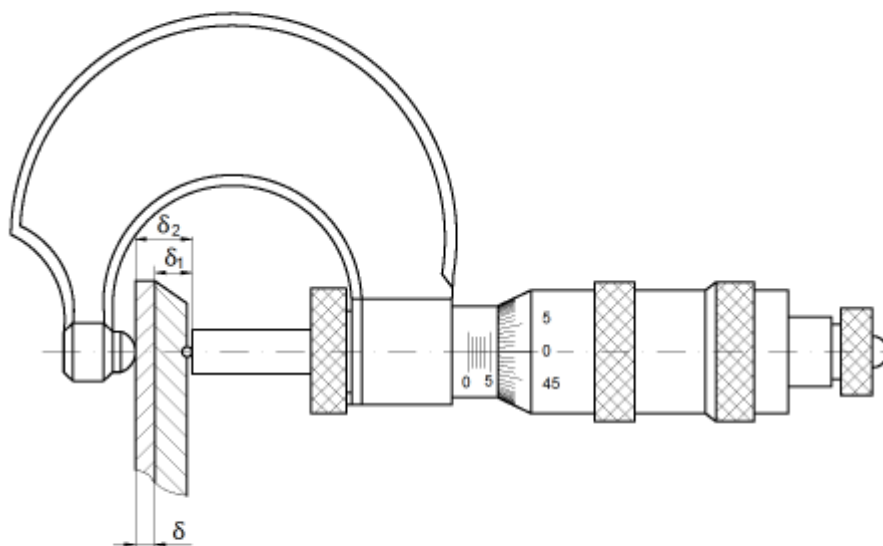


Рисунок 2.2 – Схема вимірювання товщини наплавленого шару металу

Обробку результатів вимірювання товщини наплавлюваного шару виконували за допомогою математичних методів.

Важливою вимогою, яка повинна виконуватись в технологічному процесі наплавлення виробу – це правильність геометричної форми та розмірів заготовок, від яких залежить рівномірність і стабільність якості наплавленого шару на поверхні деталі, що безпосередньо впливає на ступінь її нагрятості, а відповідно на процес плавлення порошкоподібного сплаву. Ця умова має чітко виконуватись особливо у процесі одночасного – неперервного наплавлення, де орієнтація деталі відносно індуктора має особливо важливе значення.

Леміш плуга 1023 виготовляються методом литва і кування із середньовуглецевої сталі марки 1050. Спочатку вилиту деталь піддають куванню, а в подальшому і механічному обробленню, для видалення

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 22 |

залишкових продуктів литва та кування, далі поверхні, що підлягають наплавленню шліфують для забезпечення рівномірності наплавленого шару металу. Потім на деталь засипають шар шихти певної висоти та ширини і виконується технологічний процес наплавлення.

Таким чином, вибрана методика дослідження товщини наплавленого металу і деформації деталей дозволяє оцінити якісну характеристику процесів наплавлення залежно від режимів і методів наплавлення з використанням необхідного устаткування та інструментів.

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення конструкції

Технологічний процес наплавлення виробу складається із операцій:

- заготівельних;
- наплавленнєвальних;
- опоряджуєвальних;
- допоміжних;
- контрольних.

2.6.1 Заготівельні операції

Щоб виготовити заготовки, які підлягають наплавленню потрібно виконати такі операції:

- механічне оброблення;
- шліфування.

Леміші 1023 отримують методом лиття в металевих формах і наступного кування після цього виконується механічне оброблення, яке полягає у зрізанні та зачищенні ґрату і видаленні інших недоліків процесу литва та кування.

Потім відбувається операція шліфування в місцях виконання подальшого наплавлення, це потрібно виконувати для того щоб поверхня була

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 23 |

ідеально рівною, оскільки присутні її нерівномірності можуть суттєво погіршити якість процесу наплавлення. Процес шліфування виконується із використанням калібрувально-шліфувального верстату Holzmann RP 950B, що показано на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд калібрувально-шліфувального верстату Holzmann RP 950B

2.6.2 Складальні операції

Складальні операції для лемішів плугів не виконуються, тому що це неможливо, так як виріб – це одна суцільна заготовка без наявності складових частин.

2.6.3 Складально-наплавлювальні операції

Перед наплавленням візуально перевіряємо відповідність деталей виробу вимогам креслень і технічних умов. При встановленні виробу забезпечуємо таке взаємне його розміщення, в якому він повинен

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 24 |

забезпечувати найкращі умови наплавлення шару покриття. Для виконання операції використовуємо складальне пристосування, яке складає та затискає деталь в зоні наплавлення.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Після виконання наплавлювальних робіт проводимо зачищення напавленого металу від шлаку, при цьому використовуємо механічні методи зачищення із застосуванням калібрувально-шліфувальних верстатів та кутових шліфувальних машинок марки Dnipro-M GL-160SE, одна з яких представлена на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд кутової шліф машинки марки Dnipro-M GL-160SE [11]

2.6.5 Допоміжні операції

В процесі наплавлення леміша плуга 1023 виконуються допоміжні операції, до яких відносяться:

- налаштування технологічного обладнання;
- завантажувальні і розвантажувальні роботи;
- піднімально-транспортні операції;
- роботи пов'язані із видачою матеріалів та прийманням готових виробів.

Підготовчі роботи стосуються настроювання технологічного обладнання, а саме встановлення параметрів робочого режиму та заповнення засипного пристрою шихтою.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 25 |

Також до цих операцій відносяться роботи по транспортуванню підготовлених заготовок до робочих місць та вже готових наплавлених виробів до складських приміщень.

2.6.6 Контроль якості

Контрольні операції при наплавленні лемішів 1023 бувають:

- а) контроль якості виливок;
- б) контроль наплавлювальних матеріалів;
- в) контроль якості заготівельних, опоряджувальних операцій та наплавлення;
- г) контроль готової продукції.

Контроль наплавлених виробів проводиться двома способами:

1 спосіб. Візуальний огляд, який дозволяє виявити поверхневі дефекти у наплавленому шарі металу.

2 спосіб. Вибіркові контрольні вимірювання товщини наплавлення за допомогою мікрометра по схемі, яка описувалась у попередніх пунктах.

2.7 Нормування технологічного процесу виготовлення конструкції і витрат матеріалів та електроенергії

Нормування витрат характеризує необхідну кількість матеріалів, яку потрібно використати у технологічному процесі наплавлення робочих поверхонь деталей машин та можливі додаткові шляхи їх економії виходячи із запропонованої технології.

Для того щоб визначити загальні об'єми матеріалів для наплавлення потрібно виконати відповідні розрахунки, які регламентуються стандартом ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів» [12].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 26 |

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Вибір типу пристосувань є одним із важливих етапів підготовки виробництва, тому що від нього залежить якість виготовлюваної продукції при достатній продуктивності технологічного процесу. Тому необхідний тип пристосування вибирається в залежності від:

- складального кресленика виробу та технічних умов на його виготовлення. Аналіз технологічності виробів є важливим чинником від якого залежить доцільність застосування того чи іншого пристосування. Якщо конструкція виробу буде недостатньо технологічною, то це є великим недоліком розробленого технологічного процесу, оскільки це призведе до низької її конкурентоспроможності на ринку металоконструкцій. Якщо виріб є високотехнологічним, то для його виготовлення можна застосувати нескладні та відносно дешеві пристосування;

- технологічного процесу виготовлення виробів чи конструкцій. Техпроцес повинен бути ретельно вивчений та експериментально опрацьований із врахуванням найменших нюансів ще на проектувальній стадії виробництва, а відповідно до цього має бути вибраний необхідний тип пристосувань [13];

- річної програми випуску виробів або конструкцій. Залежно від кількості виготовлення виробів і вибирається потрібний тип устаткування, від універсального, якщо це дрібносерійне виробництво, до спеціального, коли процес виготовлення виробів є велико-серійним. Від цього залежить також доцільність комплектування устаткування механізованими механізмами чи пристосуваннями. При цьому потрібно вибирати варіант, який дозволить виконати задану програму випуску, при збереженні основних характеристик якості та надійності продукції. При цьому повинні бути враховані можливості

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 27 |

скорочення трудомісткості виконання заготівельних операцій та загальне покращення і полегшення умов праці.

- техніко-економічне обґрунтування найкращого можливого пристосування. Вибір того або другого пристосування залежить від його технічних, а також економічних показників, тобто немає доцільності використовувати сучасне дороге обладнання, коли це буде мати негативний вплив на економічну окупність відповідного технологічного процесу [14].

Технічне обґрунтування полягає у порівнянні і аналізі таких показників: технологічність пристосування (раціональність його форм і розмірів, необхідна продуктивність виконання процесу, об'єм виконуваних на ньому робіт, якість і безпечність його роботи, умови праці і техніки безпеки, забрудненість середовища і таке інше); тривалість циклу виробництва; об'єм завантаженості виробничих площ; необхідну кількість робітників; завантаження обладнання; вид і кількість відходів; витрати енергії та матеріалів [13].

При економічному обґрунтуванні доцільності застосування того чи іншого пристосування необхідно порівняти капітальні витрати на виробництво виробів та собівартості їх, визначити річний економічний ефект та термін окупності капітальних вкладень.

Враховуючи вищенаведені вимоги, програму випуску та особливості технологічного процесу, для наплавлення лемішів плугів 1023 будуть використовуватись спеціальні стенди.

3.2 Опис роботи наплавлювального пристосування

Наплавлення леміша плуга 1023 відбувається із застосуванням спеціального стенду, який показаний на рисунку 3.1. Даний наплавлювальний стенд потрібний для нерухомого закріплення виробу в положенні, що дозволяє розмістити наплавлювану площину горизонтально. Тому що,

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 28 |

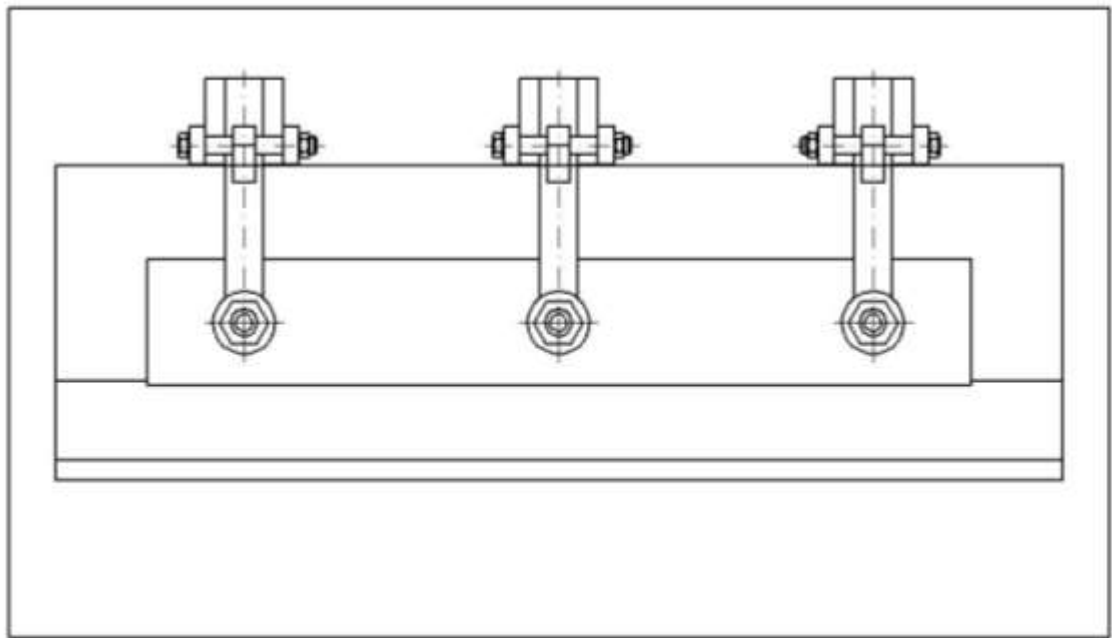
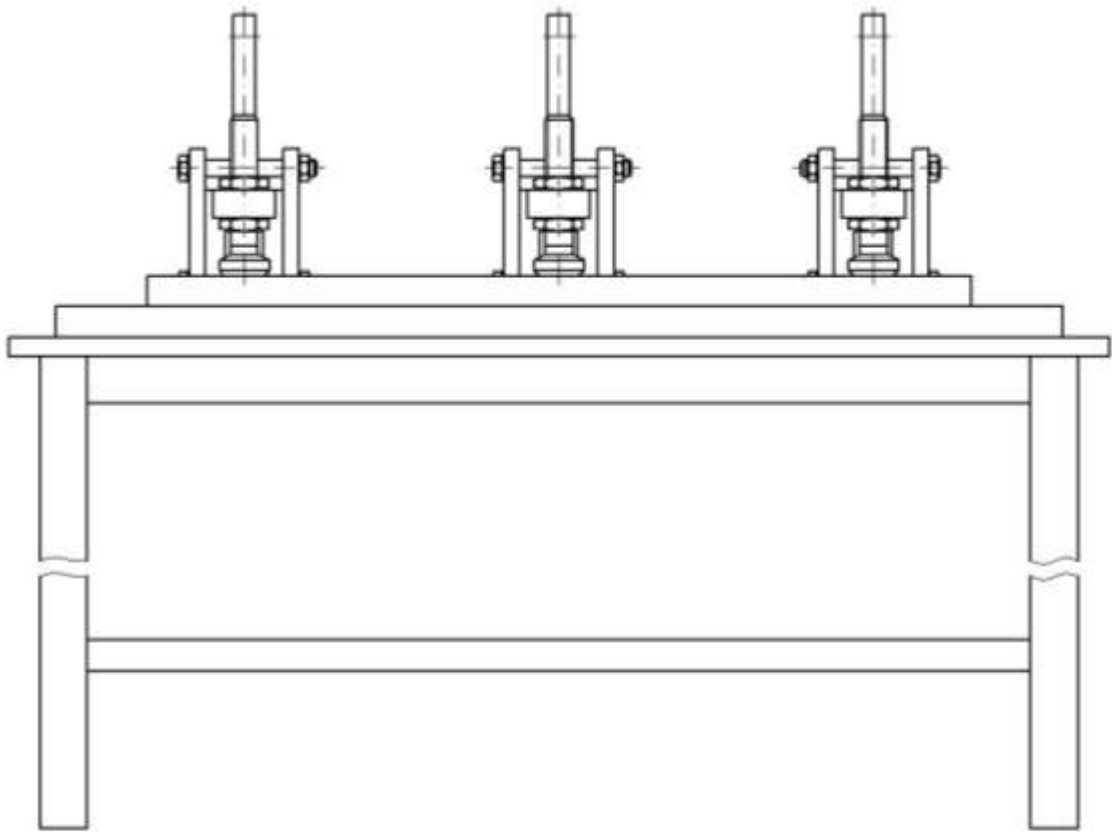


Рисунок 3.1 – Стенд наплавлювальний

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

КР.422.12.00.00.000.ПЗ

коли розміщення не буде горизонтальним, то в процесі плавлення наплавлювальний матеріал буде стікати з поверхні основного металу і це призведе до формування нерівномірного наплавлюваного шару, що в свою чергу викличе появу дефектів, які можуть бути причинами виготовлення бракованих виробів, якщо їх вже виправити неможливо.

Процедура виконання наплавлення леміша плуга 1023:

- встановлення леміша на стенді, фіксація та закріплення у горизонтальному положенні;
- нанесення шару шихти – порошкоподібного твердого сплаву на наплавлювальну поверхню, відповідної ширини та висоти;
- переміщення закріпленого леміша до індуктора високочастотного генератора – основного робочого інструменту;
- нагрівання індуктором поверхні леміша від якої вже буде розплавлятися попередньо нанесений шар шихти і виконуватись наплавлення;
- знімання наплавленого виробу зі стенду;
- додаткова механічна обробка виробу, яка полягає у зачищенні прилягаючих ділянок і наплавленого шару від залишків несплавленого порошку.

Наплавлення леміша плуга 1023 можливе тільки у нижньому положенні, тому технологічний процес наплавлення містить роботи по встановленню, фіксації та зніманню виробів. В процесі індукційного наплавлення утворюється електромагнітне поле, яке здатне зміщати наплавлюваний виріб. Тому для надійної фіксації леміша 1023 використовуються спеціальні важільні притискачі, які забезпечують необхідні зусилля притискання, що запобігають його зміщенню відносно робочої зони наплавлення. Вигляд важільного притискача показаний на рисунку 3.2.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 30 |

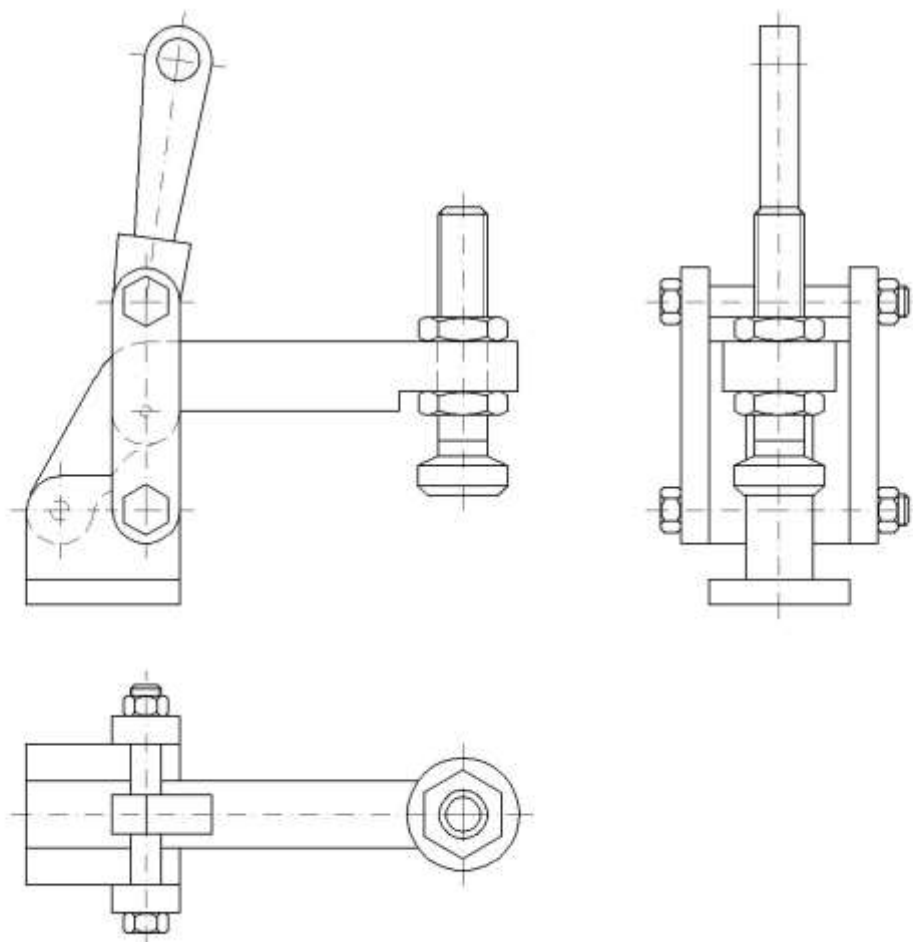


Рисунок 3.2 – Важільний притискач

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 31 |

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

Всі вихідні дані, необхідні для розрахунку наведені в таблицях 4.1 і 4.2.

Таблиця 4.1 - Характеристика леміша плуга 1023

| Показник | Одиниці вимірюв. | Кількісна чи вартісна оцінка | |
|---|---------------------|---------------------------------|------------------|
| | | фактичні дані | проектні дані |
| Габаритні розміри виробу | мм | 614x141x12 | |
| Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб: | | | |
| заготовка сталь 1050 | кг | 5,3 | |
| порошкоподібний твердий сплав ПГ-С1 | кг | 0,25 | |
| Розміри поворотних відходів на виріб | кг | 0,1 | |
| Ціна придбання матеріалу за кг: | | | |
| метал: | | | |
| сталь 1050 | грн | 41 | 40,8 |
| порошкоподібний твердий сплав ПГ-С1 | грн | 720 | 718,9 |
| Ціна реалізації поворотних відходів | грн | 0,5 | |

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу наплавлення леміша плуга 1023

| Зміст операції | Варіанти | Устаткування | | Інструменти | | Розряд роботи | Штучні норми часу |
|-------------------|----------------|--|-----------|-------------|-----------|---------------|-------------------|
| | | Назва | Ціна, грн | Назва | Ціна, грн | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Механічна обробка | $\frac{3}{II}$ | Кутова шліфувальна машина Dnipro-M GL-160 SE | 2200 | щітка | 22 | IV | $\frac{3,3}{2,9}$ |
| Шліфування | $\frac{3}{II}$ | Калібрувально-шліфувальний верстат Holzmann RP 950B | 235000 | молоток | 173 | IV | $\frac{3,0}{2,1}$ |
| Наплавлення | $\frac{3}{II}$ | Стенд для наплавлення лемішів плугів 1023 | 135000 | | | IV | $\frac{4,4}{3,6}$ |
| | | високочастотн. генератор ВЧГЗ-100/0,44 | 820000 | | | | |
| Контроль якості | $\frac{3}{II}$ | Установка для неруйнівного контролю рівномірності товщини наплавленого шару металу | 9900 | | | VI | 3,5 |
| Транспортування | $\frac{3}{II}$ | Кран гідравлічний | 315900 | | | IV | 2,2 |

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 14,2;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 33 |

по проекту 12,1;

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 2,2;
по проекту 2,2.

Загальна штучна норма часу: по заводу 16,4;
по проекту 14,3.

Для наплавлення леміша плуга 1023 застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [15, с.9]:

$$\Phi_{yc} = D_{роб} \cdot S \cdot g \cdot (1 - K_p), \quad (4.1)$$

де $D_{роб}$ ~ кількість робочих днів в році, $D_{роб} = 253$ дні;

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

K_p - нормативний коефіцієнт простою устаткування в ремонті, обумовлений конструктивними та виробничими характеристиками, $K_p = 0,03...0,1$.

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,03) \approx 1963 \text{ год.}$$

Потреба в устаткуванні (робочих місцях) розраховується по кожній операції технологічного процесу або по сумі трудомісткості операцій, що виконуються на однотипному устаткуванні.

Розрахунок проводять за формулою [15, с.10]:

$$n = \frac{T_{ит} \cdot B_{пр}}{\Phi_{yc} \cdot K_{вн}}, \quad (4.2)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 34 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

де $T_{шт}$ - штучний час на операції, що виконуються на однотипному устаткуванні, нормованих в машино-год. (таблиця 4.2);

$K_{вн}$ – коефіцієнт виконання, $K_{вн}=2,1$.

$B_{пр}$ – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 2500 шт.$

Кількість робочих місць для виконання слюсарних робіт при наплавленні леміша плуга 1023:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,3 \cdot 2500}{1963 \cdot 2,1} = 2 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,9 \cdot 2500}{1963 \cdot 2,1} = 1,76 \approx 2 \text{ шт.}$$

Для шліфування заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3 \cdot 2500}{1963 \cdot 2,1} = 1,82 \approx 2 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,1 \cdot 2500}{1963 \cdot 2,1} = 1,27 \approx 1 \text{ шт.}$$

Для виконання процесу наплавлення кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,4 \cdot 2500}{1963 \cdot 2,1} = 2,67 \approx 3 \text{ шт.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 35 |

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,6 \cdot 2500}{1963 \cdot 2,1} = 2,18 \approx 2 \text{ шт.}$$

Кількість робочих місць для контролю якості виробу (за двома варіантами):

$$n = \frac{3,5 \cdot 2500}{1963 \cdot 2,1} = 2,12 \approx 2 \text{ шт.}$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [15, с.12]:

$$n = \frac{\sum_1^m B_{mp} \cdot N_{кр} \cdot t_{кр}}{\Phi_n \cdot K_{кр}}, \quad (4.3)$$

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 2500 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

$N_{кр}$ - кількість кранових операцій на один i -тий об'єкт;

$t_{кр}$ - тривалість одної операції, год;

Φ_n - номінальний річний фонд часу, год., приймається для однозмінної роботи рівним 2100 год;

$K_{кр}$ - коефіцієнт використання номінального фонду часу транспортного засобу, приймається $K_{кр} = 0,1 \dots 0,7$.

$$n = \frac{2500 \cdot 2 \cdot 0,30}{2100 \cdot 0,7} = 1,02 \approx 1 \text{ шт.}$$

Приймаємо один гідравлічний кран для між операційного транспортування частин і виробу в цілому.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 36 |

4.2 Розрахунок кількості працівників

Розрахунок кількості основних працівників проводиться диференційовано для кожної професії. Хід розрахунку залежить від форми організації виробничого процесу. Для технологічної форми організації кількість основних робітників визначається за формулою [15, с.13]:

$$r_{oi} = \frac{B \cdot \sum_1^y T_{um}^i}{\Phi_{ef} \cdot K_{вн}}, \quad (4.4)$$

де r_{oi} - кількість основних працівників i -тої професії, чол;

$\sum_1^y T_{um}^i$ - штучна норма часу по i -тим операціям, год;

B - об'єм випуску продукції на рік, приймаємо $B_{np} = 2500$ шт;

Φ_{ef} - ефективний річний фонд часу роботи одного робітника, приймається 1850 год;

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається $K_{вн}=2,1...2,2$.

Необхідна кількість слюсарів:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2500 \cdot 3,3}{1850 \cdot 2,2} = 2,03 \approx 2 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2500 \cdot 2,9}{1850 \cdot 2,2} = 1,78 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість шліфувальників:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 37 |

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2500 \cdot 3}{1850 \cdot 2,2} = 1,84 \approx 2 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2500 \cdot 2,1}{1850 \cdot 2,2} = 1,29 \approx 1 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість наплавлювальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2500 \cdot 4,4}{1850 \cdot 2,2} = 2,7 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2500 \cdot 3,6}{1850 \cdot 2,2} = 2,21 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{2500 \cdot 3,5}{1850 \cdot 2,2} = 2,15 \approx 2 \text{ чол.}$$

Виходячи із кількості транспортних засобів приймаємо необхідну кількість транспортувальників $r_{oi} = 1$ чол.

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 38 |

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

| Категорія робітників | Кількість | | Середній розряд | |
|----------------------|-----------|----|-----------------|----|
| | З | П | З | П |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Основні робітники: | | | | |
| слюсарі | 2 | 2 | IV | IV |
| шліфувальники | 2 | 1 | IV | IV |
| наплавлювальники | 3 | 2 | IV | IV |
| контролери | 2 | 2 | VI | VI |
| транспортувальники | 1 | 1 | IV | IV |
| Допоміжні робітники: | | | | |
| налагоджувальники | 1 | 1 | IV | IV |
| ремонтники | 1 | 1 | IV | IV |
| електрики | 1 | 1 | IV | IV |
| ІТР: | | | | |
| майстер дільниці | 1 | 1 | — | — |
| МОП: прибиральники | 1 | 1 | — | — |
| Разом | 15 | 13 | — | — |

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

Вихідними даними для розрахунків є норми затрат матеріальних ресурсів на виріб та розмір поворотних відходів, ціни придбання матеріалів з врахуванням транспортно-заготівельних витрат (5...8% від преїскурантної ціни) та ціни реалізації відходів, обсяг випуску продукції.

Результати розрахунків подано у таблиці 4.4.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 39 |

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

| В- нт | Назва матеріалів ресурсів | Од. вим. | Ціна придб. за | | Затрати в натуральних одиницях, грн | | | | | | |
|----------|---|----------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------------|-------------|-------------|--------------------------------------|----------|----------------|------|
| | | | од. вим., грн/кг | | на один виріб | | на програму | | | | |
| З/П | Сталь 1050 | кг | 41 | 40,8 | 217,3 | 216,24 | 543250 | | 540600 | | |
| З/П | Порошкоподібний сплав ПГ-С1 | кг | 720 | 718,9 | 180 | 179,73 | 450000 | | 449312,5 | | |
| Р- ом | | | | | 397,3 | 395,96 | 993250 | | 989912,5 | | |
| В- нт | Транспортно- заготівельні витрати | | | Загальна сума, грн | | | | Вартість поворотних відходів, грн | | | |
| | %ц. куп. | в грн. на один кг | | на один виріб | | на програму | | на один виріб | | на програму | |
| З/П | 5 | 2,05 | 2,04 | 10,87 | 10,81 | 27162,5 | 27030 | 0,5 | 0,5 | 1250 | 1250 |
| З/П | 5 | 36 | 35,95 | 9 | 8,99 | 22500 | 22465,63 | | | | |
| Р- ом | | 38,05 | 37,99 | 19,87 | 19,8 | 49662,5 | 49495,63 | 0,5 | 0,5 | 1250 | 1250 |

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

Приймаємо, що всі основні робітники оплачуються по відрядній системі оплати праці, допоміжні - по погодинній, ІТР та МОП - по штатно-окладній системі. Розрахунки проводяться по двох напрямках: на один виріб (для обчислення калькуляції собівартості виробу) та на програму (для визначення об'ємних економічних характеристик). В калькуляцію собівартості виробу безпосередньо включаються затрати по оплаті праці

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | | | | | | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | 40 |

основних (виробничих) робітників.

Основна заробітна плата основних робітників визначається за формулою [15, с.18]:

$$Z_{oo} = \sum_1^y C_{pi} \cdot T_{um}, \quad (4.5)$$

де y - кількість технологічних операцій;

C_{pi} - годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду для відрядної оплати праці, грн.

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [15, с.18].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [15, с.18]:

$$Z_{oo} = Z_{oo} (D_1 + D_2), \quad (4.6)$$

де D_1 - доплата за шкідливість, грн, $D_1 = 12...24\%$, приймаємо $D_1 = 20\%$; D_2 - інші доплати, грн, $D_2 = 15...20\%$, приймаємо $D_2 = 15\%$.

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [15, с.18]:

$$Z_{no} = Z_{oo} \cdot P, \quad (4.7)$$

де P - розмір премій та надбавок, грн, $P = 40\%$.

Для визначення річного фонду оплати праці основних робітників результати розрахунків за формулами (4.5), (4.6) та (4.7) множаться на кількість виробів (B).

Затрати по оплаті праці слюсарів:

- заводський варіант:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 41 |

$$Z_{\text{оо}} = 5,8 \cdot 16,5 \cdot 3,3 = 315,81 \text{ грн};$$

$$Z_{\text{до}} = 315,81 \cdot (0,2 + 0,15) = 110,53 \text{ грн};$$

$$Z_{\text{по}} = 315,81 \cdot 0,4 = 126,32 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$Z_{\text{оо}} = 5,8 \cdot 16,5 \cdot 2,9 = 277,53 \text{ грн};$$

$$Z_{\text{до}} = 277,53 \cdot (0,2 + 0,15) = 97,14 \text{ грн};$$

$$Z_{\text{по}} = 277,53 \cdot 0,4 = 111,01 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці шліфувальників:

- заводський варіант:

$$Z_{\text{оо}} = 7,5 \cdot 18 \cdot 3 = 405 \text{ грн};$$

$$Z_{\text{до}} = 405 \cdot (0,2 + 0,15) = 141,75 \text{ грн};$$

$$Z_{\text{по}} = 405 \cdot 0,4 = 162 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$Z_{\text{оо}} = 7,5 \cdot 18 \cdot 2,1 = 283,5 \text{ грн};$$

$$Z_{\text{до}} = 283,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 99,23 \text{ грн};$$

$$Z_{\text{по}} = 283,5 \cdot 0,4 = 113,4 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці наплавлювальників:

- заводський варіант:

$$Z_{\text{оо}} = 4,5 \cdot 20 \cdot 4,4 = 396 \text{ грн};$$

$$Z_{\text{до}} = 396 \cdot (0,2 + 0,15) = 138,6 \text{ грн};$$

$$Z_{\text{по}} = 396 \cdot 0,4 = 158,4 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$Z_{\text{оо}} = 4,5 \cdot 20 \cdot 3,6 = 324 \text{ грн};$$

$$Z_{\text{до}} = 324 \cdot (0,2 + 0,15) = 113,4 \text{ грн};$$

$$Z_{\text{по}} = 324 \cdot 0,4 = 129,6 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів (за двома варіантами):

$$Z_{\text{оо}} = 4,1 \cdot 23 \cdot 3,5 = 330,05 \text{ грн};$$

$$Z_{\text{до}} = 330,05 \cdot (0,2 + 0,15) = 115,52 \text{ грн};$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 42 |

$$Z_{по} = 330,05 \cdot 0,4 = 132,02 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників (за двома варіантами):

$$Z_{оо} = 6,6 \cdot 22,5 \cdot 2,2 = 326,7 \text{ грн;}$$

$$Z_{до} = 326,7 \cdot (0,2 + 0,15) = 114,35 \text{ грн;}$$

$$Z_{по} = 326,7 \cdot 0,4 = 130,68 \text{ грн.}$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [15, с.19]:

$$Z_{од} = r_{д} \cdot C_{р} \cdot \Phi_{ef}, \quad (4.8)$$

де $Z_{од}$ - основна заробітна плата допоміжних робітників, грн;

$r_{д}$ - чисельність допоміжних робітників даної категорії;

$C_{р}$ - годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду для погодинної оплати праці, грн.

Додаткова заробітна плата ($Z_{од}$) та премії і надбавки ($Z_{нд}$) допоміжних робітників розраховується так само, як для основних робітників (формули 4.6, 4.7).

Затрати по оплаті праці налагоджувальників:

$$Z_{од} = 1 \cdot 33,5 \cdot 1850 = 61975 \text{ грн;}$$

$$Z_{дд} = 61975 \cdot 0,35 = 21691,25 \text{ грн;}$$

$$Z_{пд} = 61975 \cdot 0,4 = 24790 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$Z_{од} = 1 \cdot 33,5 \cdot 1850 = 61975 \text{ грн;}$$

$$Z_{дд} = 61975 \cdot 0,35 = 21691,25 \text{ грн;}$$

$$Z_{пд} = 61975 \cdot 0,4 = 24790 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці електриків:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 43 |

$$Z_{од} = 1 \cdot 33,5 \cdot 1850 = 61975 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 61975 \cdot 0,35 = 21691,25 \text{ грн};$$

$$Z_{пд} = 61975 \cdot 0,4 = 24790 \text{ грн}.$$

Для інженерно-технічних робітників, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу, розрахунок проводять на річну програму по місячному посадовому окладу одного працівника для кожної категорії працюючих за формулою [15, с.19]:

$$Z_{он} = r_n \cdot O_m \cdot 12, \quad (4.9)$$

де $Z_{он}$ - основна заробітна плата певних категорій працівників, грн;

r_n - чисельність працівників відповідної категорії;

O_m - місячний посадовий оклад одного працівника, грн;

12 - кількість місяців у році.

Додаткова заробітна плата ($Z_{он}$) та премії і надбавки ($Z_{пн}$) розраховуються так само, як для основних робітників. Затрати по оплаті праці ІТР:

$$Z_{оп} = 1 \cdot 8600 \cdot 12 = 103200 \text{ грн};$$

$$Z_{дп} = 103200 \cdot 0,35 = 36120 \text{ грн};$$

$$Z_{пп} = 103200 \cdot 0,4 = 41280 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$Z_{оп} = 1 \cdot 8200 \cdot 12 = 98400 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 98400 \cdot 0,35 = 34440 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 98400 \cdot 0,4 = 39360 \text{ грн}.$$

Результати розрахунків затрат по оплаті праці основних, допоміжних, інженерно-технічних робітників та молодшого обслуговуючого персоналу приведені в таблиці 4.5.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 44 |

Таблиця 4.5 - Зведена відомість річного фонду оплати праці

| Категорії працівників | Основна зар. плата, грн | | Додаткова зар. плата, грн | | | |
|---------------------------------|----------------------------|------------|---------------------------|-----------|--------------|-----------|
| | | | за шкідливість | | інші доплати | |
| | З | П | З | П | З | П |
| 1 | 2 | | 3 | | 4 | |
| Основні робітники: | | | | | | |
| слюсарі | 159799,86 | 140430,18 | 55929,95 | 49150,56 | 63919,94 | 56172,07 |
| шліфувальники | 204930 | 71725,5 | 71725,5 | 25103,93 | 81972 | 28690,2 |
| наплавлювальники | 300564 | 163944 | 105197,4 | 57380,4 | 120225,6 | 65577,6 |
| контролери | 167005,3 | | 58451,86 | | 66802,12 | |
| транспортувальники | 82655,1 | | 28929,29 | | 33062,04 | |
| Допоміжні робітники: | | | | | | |
| налагоджувальники | 61975 | | 21691,25 | | 24790 | |
| ремонтники | 61975 | | 21691,25 | | 24790 | |
| електрики | 61975 | | 21691,25 | | 24790 | |
| ІТР | 103200 | | 36120 | | 41280 | |
| МОП | 98400 | | 34440 | | 39360 | |
| Разом | 1302479,26 | 1013285,08 | 455867,74 | 354649,78 | 889140,45 | 773462,78 |

4.5 Калькуляція собівартості виробу

В розрахунках по визначенню порівняльної економічності варіантів використовується калькуляційний розріз затрат, при якому всі затрати на виробництво групуються відносно до калькуляційних одиниць.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 45 |

Таблиця 4.6 - Калькуляція собівартості виробу

| Статті калькуляції | Сума затрат, грн | |
|---|------------------|---------|
| | З | П |
| 1 | 2 | 3 |
| Основні матеріали: | 397,3 | 395,97 |
| сталь 1050 | 217,3 | 216,24 |
| порошкоподібний твердий сплав ПГ-С1 | 180 | 179,73 |
| Поворотні відходи | 0,5 | |
| Паливо та енергія на технологічні цілі | 27,5 | 27,3 |
| Основна заробітна плата основних робітників | 365,98 | 250,3 |
| Додаткова заробітна плата основних робітників | 128,09 | 87,61 |
| Премії та надбавки основних робітників | 146,39 | 100,12 |
| Відрахування на соціальне страхування | 8,97 | 6,13 |
| Відрахування на медичне страхування | 16,01 | 10,95 |
| Витрати на утримання та експлуатацію устаткування | 200,8 | 200,8 |
| Цехові (дільничні) витрати | 217,73 | 217,73 |
| Всього цехова собівартість | 1508,27 | 1296,41 |

4.6 Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого технологічного процесу та його економічної ефективності

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 46 |

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

| Види капітальних затрат | Кількість в натуральних одиницях | | Вартість одиниці, грн | | Затрати на перевезення та монтаж, грн | |
|-------------------------|----------------------------------|------------|---------------------------|--|---------------------------------------|-------|
| | З | П | З | П | З | П |
| Будівлі та споруди | | | | | - | - |
| Устаткування: | | | | | | |
| слюсарне | 2 | 2 | 2200 | 2200 | 110 | 110 |
| шліфувальне | 2 | 1 | 235000 | 235000 | 11750 | 11750 |
| наплавлювальне | 3 | 2 | 955000 | 955000 | 47750 | 47750 |
| контрольне | 2 | 2 | 9900 | 9900 | 495 | 495 |
| транспортне | 1 | 1 | 315900 | 315900 | 15795 | 15795 |
| Інструменти: | | | | | | |
| молоток | 4 | 3 | 173 | 173 | 8,65 | 8,65 |
| щітка | 4 | 3 | 22 | 22 | 1,1 | 1,1 |
| Разом | | | | | | |
| Види капітальних затрат | Загальна вартість, грн | | Норма амортиз. відрах., % | Річна сума амортизаційних відрахувань, грн | | |
| | З | П | | З | П | |
| Будівлі та споруди | 4450300 | 4450300 | 5 | 222515 | 222515 | |
| Устаткування: | | | | | | |
| слюсарне | 4510 | 4510 | 9 | 405,9 | 405,9 | |
| шліфувальне | 481750 | 246750 | 9 | 43357,5 | 22207,5 | |
| наплавлювальне | 2912750 | 1957750 | 7,5 | 218456,25 | 146831,25 | |
| контрольне | 20295 | 20295 | 7 | 1420,65 | 1420,65 | |
| транспортне | 331695 | 331695 | 8 | 26535,6 | 26535,6 | |
| Інструменти: | | | 14 | | | |
| молоток | 700,65 | 527,65 | | 98,09 | 73,87 | |
| щітка | 89,1 | 61,7 | | 12,47 | 9,39 | |
| Разом | 8202089,75 | 7011894,75 | | 512801,47 | 419999,17 | |

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [15, с.27]:

$$E_{\phi} = ((C_{nz} + E_n \cdot \Phi_{mz}) - (C_{nn} + E_n \cdot \Phi_{mn})) \cdot B, \quad (4.10)$$

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz}=5662,85$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn}= 4809,53$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz}=1508,27$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn}=1296,41$ грн/шт);

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, ($E_n=0,15$).

$$E_{\phi} = ((5662,85 + 0,15 \cdot 1508,27) - (4809,53 + 0,15 \cdot 1296,41)) \cdot 2500 = \\ = 2212747,5 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [15,с.28]:

$$T_{ок} = \frac{\Phi_{ocz} - \Phi_{ocn}}{E_{ур}}, \quad (4.11)$$

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{ocz}= 11459975$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn}= 9832925$ грн);

$E_{ур}$ - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [15,с.28]:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 48 |

$$E_{yp} = B \cdot (C_{nz} - C_{nn}), \quad (4.12)$$

$$E_{yp} = 2500 \cdot (5662,85 - 4809,53) = 2133300 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{11459975 - 9832925}{2133300} = 0,76 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

| Показники | Одиниці вимірювання | Величина | |
|---|---------------------|----------|-----------|
| | | З | П |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Річна програма випуску продукції | шт | 2500 | 2500 |
| Кількість технологічного устаткування | шт | 13 | 11 |
| Собівартість товарної продукції | грн | 5662,85 | 4809,53 |
| Чисельність промислово-виробничого персоналу: | | | |
| - всього | чол | 15 | 13 |
| - основних робітників | чол | 8 | 10 |
| Фондомісткість продукції | грн/шт | 1508,27 | 1296,41 |
| Умовна річна економія | грн | - | 2133300 |
| Річний економічний ефект | грн | - | 2212747,5 |
| Термін окупності капітальних вкладень | роки | - | 0,76 |
| Місячний оклад основних робітників: | | | |
| - слюсарі | грн | 11606,02 | 10199,23 |
| - шліфувальники | грн | 14883,75 | 10418,63 |
| - наплавлювальники | грн | 14553 | 11907 |
| - контролери | грн | 12129,34 | 12129,34 |
| - транспортувальники | грн | 12006,23 | 12006,23 |

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Шкідливі та небезпечні фактори при зварюванні

Одним із основних технологічних процесів у машинобудівній промисловості є електродугове зварювання та інші споріднені технології, що характеризуються шкідливими та небезпечними виробничими факторами, які призводять до типових професійних захворювань робітників зварювальних професій.

Незважаючи на постійне вдосконалення способів дугового зварювання та зварювальних матеріалів, ще є багато проблем з питань гігієни у зварювальному виробництві, які остаточно не вирішені. Унаслідок цього умови праці електрозварників залишаються незадовільними, що негативно позначається на їх здоров'ї та працездатності. Комплексний характер негативного впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів на здоров'я зварників, а також важкість і напруженість праці вимагають здійснення різноманітних оздоровчих заходів.

Відповідно до ДСТУ EN ISO 21904-2:2021 [16], при основних способах дугового зварювання на робітника-зварника діють шкідливі та небезпечні хімічні і фізичні фактори виробничого середовища, а також психофізіологічні фактори в організації праці, устаткуванні робочого місця й обладнання [17, с.5].

Шкідливі та небезпечні фактори при зварюванні та боротьба з ними:

1) шум – це сукупність різних за силою і частотою звуків, які заважають людині, тому для уникнення цього потрібно його знижувати в джерелі створення;

2) вібрація – це механічні коливання твердих тіл, для боротьби з нею використовуються засоби індивідуального захисту;

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | 50 |

3) іонізуюче випромінювання – призводить до виникнення електричних зарядів різних знаків у середовищі, для боротьби з ним застосовується зменшення його інтенсивності, використання засобів індивідуального захисту;

4) лазерне випромінювання використовується у техніці і медицині, тому для боротьби з ним застосовуються колективні та індивідуальні засоби захисту;

5) ультрафіолетове випромінювання виникає при виконанні зварювальних робіт, тому для боротьби з ним застосовується екранування джерел випромінювання та засоби індивідуального захисту;

6) електромагнітне випромінювання виникає від установок високочастотного нагріву, телевізійних та радіомовних станцій, тому для боротьби з ним використовується зменшення випромінювання біля джерел, екранування, організаційні заходи та використання засобів індивідуального захисту.

Отже, вищезазначені фактори є дуже шкідливими та небезпечними для людей, які знаходяться під безпосереднім їх впливом. Таким чином, потрібно використовувати різні методи боротьби з ними, що знизять до мінімуму їх негативну дію на здоров'я працівників.

5.2 Професійні захворювання зварників та шляхи їх попередження

Захворювання, спричинене дією на працюючого шкідливих умов праці, класифікується, як професійне захворювання. Професійне отруєння також належать до професійних захворювань. Явище, яке характеризується сукупністю професійних захворювань, називають професійною захворюваністю. У деяких випадках вплив шкідливих факторів виробничого середовища призводить до виникнення виробниче обумовленої захворюваності.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 51 |

Рівень професійної захворюваності в машинобудуванні, де у великих об'ємах застосовують електродугове зварювання, значно вищий, ніж в інших галузях промисловості.

Несприятливу дію шкідливих факторів виробничого середовища на здоров'я працівників і викликані ними професійні захворювання у зварювальному виробництві можна поділити на три основні групи [17, с.6]:

1. Захворювання, спричинені дією хімічних факторів.
2. Захворювання внаслідок фізичного навантаження, а також одноманітних, часто повторюваних рухів, вимушеної пози.
3. Захворювання, викликані фізичними факторами (нагрівання чи охолодження, мікроклімат, шум, ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання).

В останні роки спостерігається підвищення рівня захворювань нервово-мозкового апарата у зв'язку з використанням одноманітних, часто повторюваних рухів і фізичним навантаженням. Ці захворювання реєструються на ділянках, де виробничий процес частково автоматизований і механізований, або використовується лише ручна праця.

У кожному виробничому середовищі на організм людини одночасно можуть діяти декілька шкідливих факторів, які або взаємно компенсуються, або накладаються один на одний, шкідливо впливаючи на здоров'я людини.

Наявність зазначених небезпечних і шкідливих виробничих факторів є невід'ємним наслідком зварювального процесу. Серед них найбільшу загрозу для здоров'я зварників становить зварювальний аерозоль (далі - ЗА), від якого до цього часу зварник захищений дуже слабо. Вплив ЗА на організм призводить до бронхо-легеневих захворювань [17, с.6]. Пневмоконіозу, що виявився у зварників, які відпрацювали у зварювальних цехах більше 15 років, і хронічного бронхіту, що виникає вже через 5 років праці. При виконанні зварювальних робіт у недоступних для вентиляції замкнених просторах період розвитку пневмоконіозу скорочується до 5 років. Крім того, є дані, які

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 52 |

свідчать про те, що вплив канцерогенних речовин шестивалентного хрому і нікелю у складі ЗА на органи дихання може підвищувати ризик розвитку онкологічних захворювань.

До професійних захворювань зварників належать також інтоксикація (отруєння) марганцем, що характеризується ураженням центральної нервової системи. Наявність у повітрі високих концентрацій монооксиду вуглецю може бути причиною як гострого, так і хронічного отруєння. Вплив оксидів азоту в закритих приміщеннях може проявлятися розвитком набряку легенів. Підвищений вміст твердих та газоподібних сполук фтору в ЗА призводить до ураження слизової оболонки верхніх дихальних шляхів, бронхів, розвитку бронхопневмонії. Озон у малих кількостях має подразнювальну дію, а у великих руйнівну дію на верхні дихальні шляхи. До неспецифічних захворювань, причиною яких є ЗА, належать функціональні порушення центральної нервової та серцево-судинної систем, алергічні захворювання, статеві ускладнення тощо [17, с.6].

Усі різновиди зварювання металів відкритою дугою, за винятком зварювання під флюсом, є джерелом видимого випромінювання, ультрафіолетових (далі - УФ) променів, іскор та бризок розплавленого металу і шлаку. Більшість цих процесів супроводжується інфрачервоним (далі - ІЧ) випромінюванням зварювальної дуги і нагрітого основного металу.

При різних способах зварювання на долю випромінювання в УФ області спектра припадає 1...40% інтегральної інтенсивності променевого потоку [17, с.7]. Зі збільшенням сили зварювального струму та напруги дуги інтенсивність УФ складової випромінювання оптичного діапазону підвищується. Спектр випромінювання зміщується у бік коротких хвиль. Склад покриття електродів і матеріал присадок також впливають на інтенсивність та спектр УФ випромінювання. Найбільший вплив на величину УФ радіації виявляє склад захисного газу. Зі збільшенням вмісту аргону в захисній газовій суміші інтенсивність УФ випромінювання підвищується.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 53 |

Введення в захисне середовище вуглецевого газу й гелію викликає зміщення спектра випромінювання в бік коротких хвиль. Зі збільшенням відстані від дуги інтенсивність УФ радіації знижується. Опромінення тіла зварника залежить від відбиваючих та пропускних властивостей спецодягу. Вплив УФ випромінювання на незахищені очі може призвести до електроофтальмії, погіршення зору, кон'юнктивіту та інших захворювань.

Зварювальний процес є одним із потужних виробничих джерел інфрачервоного випромінювання. Його впливу підлягають не тільки безпосередньо зварники, але й робітники інших спеціальностей, що знаходяться поблизу. ІЧ випромінювання при зварюванні виробів з підігрівом, особливо великих деталей, є фактором, що формує умови мікроклімату у виробничих приміщеннях. Залежно від сили зварювального струму, температури дуги і зварювальної ванни, ступеня підігрівання та інших умов, випромінювання має різний спектральний склад і охоплює діапазон 0,76...10мкм і більше. Інтенсивність опромінення робочих місць коливається в межах 100...2450 Вт/м². Інтенсивність ІЧ випромінювання залежить від режимів зварювання, потужності дуги і зростає від 350...400 Вт/м² під час зварювання покритими електродами на режимах 150...200 А до 1200...1500Вт/м², при зварюванні кольорових металів в інертних газах, а також попередньо нагрітих конструкцій [17, с.7]. Негативний вплив на здоров'я зварників справляє також переохолодження організму під час будівельно-монтажних робіт у холодний період року.

Психофізіологічна дія на зварника проявляється у вигляді фізичних та нервово-психічних навантажень. Фізичні навантаження викликають у людини статичні та динамічні напруження, що залежать від маси зварювального інструменту, гнучкості шлангів і дротів, тривалості безперервної роботи, підтримання робочої пози. У результаті статичного перенапруження може виникнути захворювання нервово-м'язового апарата плечового пояса. Нервово-психічні навантаження призводять до перенапруження зорових

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 54 |

аналізаторів та виникнення нервово-емоційного напруження у зварників. Ці навантаження залежать від напруження зору, викликаного безперервними спостереженнями за недостатньо контрастними елементами зони зварювання невеликих розмірів (зварювальна ванна, зазор у стику, глибина кратера, шов, що твердішає, тощо), відповідальністю за високу якість зварних з'єднань та складністю роботи. Перенапруження зорових аналізаторів може призвести до втоми і як наслідок до порушення скорочувальної функції м'язів очей. Нервово-емоційне напруження може порушити функціональний стан серцево-судинної та центральної нервової систем (підвищення артеріального тиску, зміна латентного (прихованого) періоду рухово-моторної реакції) [17, с.7].

Таким чином, професія зварника відноситься до небезпечних, оскільки зазнає впливу багатьох шкідливих виробничих факторів, які негативно впливають на його здоров'я. Тому законодавством України передбачено певні пільги для цієї професії, так як вона постійно піддається негативному впливу порівняно з іншими професіями.

5.3 Вимоги охорони праці та пожежної безпеки під час розробки проекту вдосконалення технологічного процесу наплавлення леміша плуга

Для забезпечення життєдіяльності підприємства в процесі наплавлення леміша плуга, обов'язковими правилами є виконання вимог охорони праці.

Зварювальні та споріднені процеси можуть виконуватись відповідно до вимог ДНАОП 0.00-1.32-01, Правилами пожежної безпеки при проведенні зварювальних та інших вогневих робіт на об'єктах народного господарства та Правилами пожежної безпеки в Україні [18,19]. Загальні вимоги до системи протипожежного та противибухового захисту щодо будівель і споруд регламентуються ДБН В.1.1-7:2016 [20].

Категорії виробництв за пожежовибуховою небезпекою слід приймати за відомчими переліками, затвердженими міністерствами в установленому порядку.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 55 |

Виробничі приміщення та дільниці, де виконуються роботи з електродугового зварювання і киснево-ацетиленового різання металів, за пожежною та вибуховою небезпекою відносяться до виробництв категорії Г. Кількість вогнегасників та інших первинних засобів пожежогасіння для таких виробничих приміщень і дільниць має вибиратися у відповідності з вищезазначеними Типовими правилами [21, с.175].

Приміщення, в яких виконується газове зварювання і різання металів, повинні бути збудовані з елементів конструкцій за IV категорією протипожежної безпеки (протипожежна стійкість – не менше 2 годин).

Місця, призначені для проведення зварювальних робіт та встановлення обладнання мають бути очищені від легкозаймистих матеріалів у радіусі не менше 5 м. Зварювальні роботи за межами виробничого приміщення можуть виконуватися тільки за умови узгодження з заводською протипожежною охороною [21, с.175].

Забороняється виконувати зварювання щойно пофарбованих конструкцій до повного висихання фарби, а також посудин, апаратів, трубопроводів комунікацій, що знаходяться під електричною напругою, підвищеним тиском, заповнених горючими та токсичними матеріалами.

Поблизу сховища карбіду кальцію мають бути розташовані засоби пожежогасіння (сухий пісок, вуглекислотні вогнегасники, тетрахлорні або порошкові вогнегасники). В місцях зберігання карбіду кальцію повинні бути добре видимі плакати такого змісту: «Не використовувати воду для гасіння пожежі», «Для відкривання барабанів використовувати неіскруючий інструмент» [21, с.176].

Таким чином, обов'язковою умовою при наплавленні леміша плуга є дотримання і виконання вимог охорони праці та пожежної безпеки, а також це дозволить забезпечити безпеку працівника на робочому місці.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 56 |

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуті питання, щодо вдосконалення технології та обладнання для наплавлення корпусних деталей в тому числі лемішів 1023. Порівняно з базовим технологічним варіантом у проекті відбулися такі зміни:

- замінено спосіб наплавлення на більш раціональний;
- більш раціонально підібрані параметри режиму наплавлення;
- використано більш новіше та продуктивніше обладнання;
- досліджено вплив режимів наплавлення на геометричні та експлуатаційні властивості наплавленого металу.

Леміш плуга 1023 виготовляються із середньовуглецевої сталі марки 1050. З метою підвищення їх експлуатаційних характеристик використовується метод одночасного індукційного наплавлення робочої поверхні. В якості матеріалу застосовується шихта – порошкоподібний твердий сплав Сормайт ПГ-С1, обладнанням слугує високочастотний ламповий генератор ВЧГ3-100/0,44 в поєднанні з кільцевим індуктором.

Для виконання заготівельних операцій використовується наступне обладнання: калібрувально-шліфувальний верстат Holzmann RP 950B, кутова шліфувальна машинка марки Dnipro-M GL-160SE.

Для одержання високої продуктивності технологічного процесу індукційного наплавлення використовується спеціальний стенд із важільними притискачами для наплавлення лемішів плугів 1023.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 57 |

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сталь 1050. Продукція із сталі 1050: веб-сайт. URL: <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/1050> (дата звернення: 03.06.2024).
2. Bol` A.A., Koval` V.N., Tymoshenko V.P. etc. Optimizacia processa indukcyonnoi naplavki. Izd. SO AN SSSR, ser. techn. 1985. № 10. С. 86–92.
3. Sidorov A.M. Vosstanovlenie detaley mashin napyleniem i naplavkoy. M.: Mashynostroenie, 1987. 190 p.
4. Клименко Ю.В. Електроконтактне наплавлення. Области застосування і перспективи розвитку. ІЕЗ ім. Є.О. Патона. 1982. №1. С. 101-110.
5. Туркін В.П., Путілін В.Г., Ніколаєнко М.Р. та ін. Електроконтактне наплавлення дискових ножів. Автомат. зварювання. 1978. № 2. С. 74-76.
6. Карпенко В.М., Катренко В.Т., Пресняков В.А. Електроконтактне наплавлення порошкових матеріалів в металевій оболонці. Автомат. зварювання. 1989. № 5. С. 34-35.
7. Kosilov A.I. Plazmennaya naplavka detaley poroshkovymi kompozyciyami. Technika v sel`skom hoziaystve. 1983. № 1. Р. 30-32.
8. Дудко Д.А., Петров С.В., Сааков А.Г. Нанесення каталітичних покриттів методом надзвукового плазмового напилювання. Прогресивна техніка і технологія машинобудування, приладобудування і зварювального виробництва: IV том матеріалів Міжнародної конференції. Київ: НТУУ «КПІ», 1998. С. 325-329.
9. Fedorov B.N., Osadchyi V.A., Tys M.Yu. etc. Perspektivu primineniya kompaknyh materialov v bimetallicheskih detaliah rabochykh organov sel`hozmashyn. Traktory i sil`hozmashynu. 1975. № 9.- Р. 39-41.
10. Пулька Ч.В. Вплив режимів індукційного наплавлення на товщину наплавленого шару і величину деформації тонких сталевих дисків. Автомат. зварювання. 1997. № 10. С. 57-58.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 58 |

11. Шліфмашина кутова Dnipro-M GL-160SE. Болгарки (КШМ): веб-сайт. URL: <https://dnipro-m.ua/uk/tovar/shlifmashina-uglovaya-gl-160se/> (дата звернення: 06.06.2024).

12. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання. [Чинний від 1996-07-01]. Київ, 1995. 36 с. (Держстандарт України).

13. Rymorov E.V. Novie svarochnye prispособleniya. L.: Stroyizdat, 1988. 125 р.

14. Чертов І.М. Зварні конструкції. Київ: Арістей, 2006. 376 с.

15. Редьква О.З. Економіка та організація виробництва: методичні вказівки до виконання дипломного проекту. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2022. 30 с.

16. ДСТУ EN ISO 21904-2:2021 Охорона здоров'я та безпека у зварюванні та споріднених процесах. Устаткування для уловлювання та відокремлення диму від зварювання. Частина 2. Вимоги до випробування та маркування ефективності відокремлення диму від зварювання (EN ISO 21904-2:2020, IDT; ISO 21904-2:2020, IDT).

17. Левченко О.Г. Гігієна праці та виробнича санітарія у зварювальному виробництві. Навчальний посібник для студентів зварювальних спеціальностей. Київ: Основа, 2004. 98 с.

18. ДНАОП 0.00-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.

19. Правилами пожежної безпеки в Україні. Наказ №866 від 03.08.2004 МВС України. URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0219-95#Text> (дата звернення: 11.06.2024).

20. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.

21. Левченко О.Г. Охорона праці у зварювальному виробництві: навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 181 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | <i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 59 |

ДОДАТКИ

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
| | | | | | КР.422.12.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 60 |