

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інженерно-фізичний факультет  
(повне найменування інституту, факультету)

Обладнання і технологія зварювального виробництва  
(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр  
(ступінь вищої освіти)

на тему Розробка технології відновлення лінійки напрям-  
ляючої прокатного стану з прослідуванням діаметри

Виконав: студент(ка) 6 курсу, групи ІР-4/В.м

Спеціальності 181 "Прикладна механіка"  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Відновлення і підвищення ресурсів сталі діючої  
Кокоченко І.Р.  
(прізвище та ініціали)

Керівник Ланієва Г.М.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент Климов О.В.  
(прізвище та ініціали)

2020 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
(повне найменування закладу вищої освіти)

факультет 971, 1992  
073B  
вищої освіти магістр  
спеціальності 131 „Прикладна механіка“  
(код і найменування)  
освітня програма (спеціалізація) Відновлення і модернізація механізмів і агрегатів  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри Григоренко О.В.  
«14» 12 2020 року

ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Прізвище, ім'я, по батькові студента(ки) Комаренко Олександр  
(прізвище, ім'я, по батькові)  
Тема проекту (роботи) Розробка технології відновлення лінійки направляючої системи з протитупанням діючих елементів  
Автор проекту (роботи) Липиш Ганна Михайлівна к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
Наказом закладу вищої освіти від «30» 11 2020 року № 364  
Завдання студентом проекту (роботи) 15.12.2020 року  
Завдання до проекту (роботи) Креслення лінійки направляючої, розрахунок, оцінка експлуатаційних показників технології

Вимоги до розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розв'язати):  
Проаналізувати існуючу технологію відновлення направляючої розробити альтернативну технологію, оцінити її економічність, спростувати діючі елементи, збільшити експлуатаційний ефект

Вимоги до графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):  
НАПРАВЛЯЮЧА, СТЕНД ДЛЯ НАПРАВЛЕННЯ ЛІНІЙКИ НАПРАВЛЯЮЧОЇ, СТЕНД ДЛЯ РЕЗИЦІОНУВАННЯ ЛІНІЙКИ НАПРАВЛЯЮЧОЇ, ТВЕРДОСТІ НАПРАВЛЕНИХ ШАРІВ, ЗОВНІШНІЙ ВИГЛЯД ДЕТАЛІ ДО ТА ПІСЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ, ПЛАН ДІЛЬНИНИ

Вимоги до розділів проекту (роботи)

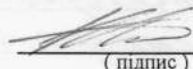
| Розділ           | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис,        |
|------------------|-------------------------------------------|----------------|
|                  |                                           | завдання видав |
| 1                | Лантева Г.М. доцент, к.т.н.               | 28.09.20       |
| 2                | Лантева Г.М. доцент, к.т.н.               | 28.09.20       |
| 3                | Лантева Г.М. доцент, к.т.н.               | 28.09.20       |
| 4. Експерт. ф.   | Крушніков Ф.В., доцент, к.е.н.            | 28.09.20       |
| 5. Охорона праці | Нестеров ОВ, доцент, к.т.н.               | 28.09.20       |

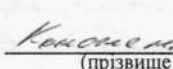
7. Дата видачі завдання «28» вересня 2020 року.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

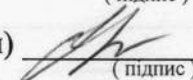
| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи)                                          | Строк виконання етапів проекту (роботи) |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1     | ВСТУП                                                                             | 30.09.20                                |
| 2     | АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ                                                        | 13.10.20                                |
| 3     | АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ЛІНІЙКИ НАПРАВЛЯЮЧОЇ ПРОКАТНОГО СТАМУ 1680 | 29.10.20                                |
| 4     | РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ЛІНІЙКИ НАПРАВЛЯЮЧОЇ З ПРОЄКТУВАННЯМ ДІЛЬНИЦІ     | 06.11.20                                |
| 5     | ТЕХНІКО ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ЗВАРЮВАЛЬНОЇ ДІЛЬНИЦІ                               | 12.11.20                                |
| 6     | ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ                                 | 19.11.20                                |
| 7     | ВИСНОВКИ                                                                          | 30.11.20                                |
| 8     | ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ                                                          | 3.12.20                                 |

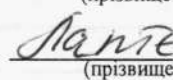
Студент(ка)

  
(підпис)

  
(прізвище)

Керівник проекту (роботи)

  
(підпис)

  
(прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 103 с., 22 табл., 18 рис., 2 дод., 76 джерел.

ЛІНІЙКА НАПРАВЛЯЮЧА, СТАЛЬ 09Г2С, НАПІВАВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ, ЗВАРЮВАЛЬНИЙ НАПІВАВТОМАТ, ПОРОШКОВИЙ ДРІТ, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ.

Об'єкт дослідження – технологічний процес відновлення лінійки направляючої стану 1680.

Мета дипломного проєкту – розробити технологію відновлення лінійки направляючої; спроектувати дільницю відновлення.

Методи дослідження: підвищення зносостійкості лінійки направляючої.

Для відновлення направляючих лінійок були вдосконалені технології відновлення. Спроектована спеціальна технологічна оснастка для відновлення. Підібрано технологічне обладнання для відновлення (зварювальний напівавтомат, джерело живлення зварювальної дуги). Розроблена маршрутна карта технологічного процесу. Спроектована дільниця відновлення направляючих лінійок.

Проведено техніко – економічне обґрунтування розробленої технології. Розроблені загальні заходи з техніки безпеки і охорони навколишнього середовища.

## ABSTRACT

Explanatory note: 103 pages, 22 tables, 18 figures, 3 supplements, 76 sources.

GUIDE LINE, STEEL 09G2S, SEMI – AUTOMATIC WELDING, WELDING SEMI – AUTOMATIC, WELDING, POWDER WIRE, WEAR RESISTANCE.

The object of research is the technological process of restoring the line of the guide state 1680.

The purpose of the diploma project is to develop the technology of restoration of the guide line; design a recovery site.

Research methods: increasing the wear resistance of the guide line.

Restoration technologies have been improved to restore the guide lines. Designed special technological equipment for recovery. Selected technological equipment for restoration (semi – automatic welding machine, welding arc power supply). The route map of technological process is developed. The section of restoration of guide lines is designed.

Feasibility study of the developed technology is carried out. General safety and environmental measures have been developed.

## ЗМІСТ

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ.....                                                                                         | 8  |
| 1 Аналіз літературних джерел.....                                                                  | 9  |
| 1.1 Зв'язок між структурним і фазовим станом поверхонь деталей та зносостійкістю.....              | 9  |
| 1.2 Матеріали для відновлення та підвищення зносостійкості поверхонь деталей.....                  | 19 |
| 1.3 Модифікування як засіб поліпшення структури.....                                               | 28 |
| 2 Аналіз існуючої технології відновлення лінійки направляючої прокатного стану 1680.....           | 34 |
| 2.1 Обладнання, яке використовується для відновлення зношеної деталі.....                          | 34 |
| 2.2 Аналіз існуючої технології відновлення лінійки направляючої.....                               | 39 |
| 2.3 Особливості зварювання сталі 09Г2С, та аналіз технології наплавлення лінійки направляючої..... | 41 |
| 3 Розробка технології відновлення лінійки направляючої з проєктуванням ділянки.....                | 49 |
| 3.1 Вибір обладнання для проведення робіт.....                                                     | 50 |
| 3.2 Вибір підйомно-транспортного устаткування.....                                                 | 56 |
| 3.3 Організація енерго- та газопостачання.....                                                     | 58 |
| 3.4 Опис плану ділянки.....                                                                        | 60 |
| 4 Техніко економічні розрахунки зварювальної ділянки.....                                          | 61 |
| 4.1 Організація ділянки по відновленню лінійки направляючої.....                                   | 64 |
| 4.2 Виробнича програма і її матеріальне забезпечення.....                                          | 65 |
| 4.3 Розрахунок кількості обладнання та площі ділянки.....                                          | 66 |
| 4.4 Розрахунок кількості персоналу ділянки.....                                                    | 68 |
| 4.5 Фонд оплати праці.....                                                                         | 70 |

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.6 Розрахунок собівартості зварювальних робіт.....                   | 74  |
| 5 Охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.....              | 78  |
| 5.1 Аналіз потенційних небезпек.....                                  | 78  |
| 5.2 Заходи по забезпеченню безпеки.....                               | 79  |
| 5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці..... | 82  |
| 5.4 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.....      | 87  |
| 5.4.1. Заходи з пожежної безпеки.....                                 | 87  |
| 5.4.2. Навчання населення діям в умовах надзвичайних ситуацій.....    | 89  |
| Висновки.....                                                         | 92  |
| Перелік джерел посилання.....                                         | 93  |
| Додаток А Лінійка направляюча.....                                    | 100 |
| Додаток Б Стенд для позиціонування.....                               | 101 |
| Додаток В Маршрутна карта.....                                        | 102 |

## ВСТУП

У відповідності до патенту, «пристрій для направлення і центрування листового і смугового прокату відноситься до області прокатного виробництва. У пристрої для направлення і центрування листового і смугового прокату, передбачених центруючі лінійки, встановлених симетрично і відносно осі рольганга, приводи переміщення центруючих лінійок, поворотні напрямні лінійки, за допомогою шарніра, пов'язаного одним кінцем з центруючими лінійками, а другими кінцем з вертикальними осями, встановленими по обидва боки рольганга. На центруючих лінійках, з боку входу металу виконані скоси, кут нахилу вибраний з умов, що він дорівнює куту нахилу поворотних напрямних лінійок при мінімальній величині архітектури центруючих лінійок» [1].

Дана модель відноситься до області прокатного виробництва, а точніше, до пристроїв для направлення і центрування смугового прокату при подачі його до моталки.

Відомо пристрій для направлення смуги в стані прокатки при змотування в рулон, мають приводні напрямні лінійки, що переміщуються поперек осі прокатки.

Після входу смуги в район лінійок, які встановлені по осі прокатки, лінійки зближують, центрують тим самим смугу по дійсному її положенню. Саме в цьому місці відбувається інтенсивне зношування деталі, що, в свою чергу може призвести до сильного падіння якості продукції, а також появи браку на виробництві.

# 1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

## 1.1 Зв'язок між структурним і фазовим станом поверхонь деталей та зносостійкістю

За думкою Н. А. Зенкіна, «Проблема підвищення надійності і довговічності машин, обладнання та приладів є найважливішою на сучасному етапі розвитку техніки. Вона відіграє значну роль в економії металів, трудових витрат і підвищенні ефективності виробництва. Її вирішення нерозривно пов'язане зі збільшенням зносостійкості рухливих контактуючих пар, а також з підвищенням конструкційної міцності елементів конструкцій, що працюють в різноманітних умовах експлуатації» [2].

Однією з основних причин, що ускладнюють вибір з існуючих, чи розробку нових сталей та сплавів для роботи в умовах інтенсивного зношування є велика чисельність конкретних умов експлуатації із широким спектром параметрів зношування (твердість, міцність, форма, величина та характер прикладання навантаження, швидкість, тиск, температура, наявність корозійного фактору та ін.), що у значній мірі визначають зносостійкість матеріалу [3].



Рисунок 1.1 – Структурна схема залежності зносостійкості сплавів від факторів зношування

Тривалий час багатьма вченими передбачалося, що збільшення можливостей матеріалів протистояти руйнуванню при зношуванні пов'язане з

підвищенням твердості [4 – 7]. Такі поняття іще не так давно була основою і зіграла досить позитивну роль, так як підвищення твердості в певних межах на практиці підвищує здатність матеріалів до опору зношування.

Саме тому у виробничій практиці зносостійкість найчастіше оцінюється за показником твердості, тобто такою характеристикою сплаву, яка визначається доступніше і простіше за інші. Роботи, присвячені вивченню залежності між зносостійкістю та інтегральною твердістю, а також мікротвердістю структурних складових, зробили істотний внесок у розуміння проблеми підвищення опору сталей і сплавів абразивному зношуванню. Як показали дослідження М.М. Хрущова і М.А. Бабічева [8, 4], проведені ще в 60 роках, з підвищенням твердості чистих металів і легированих сталей їх зносостійкість пропорційно збільшується (див. рис. 1.2).

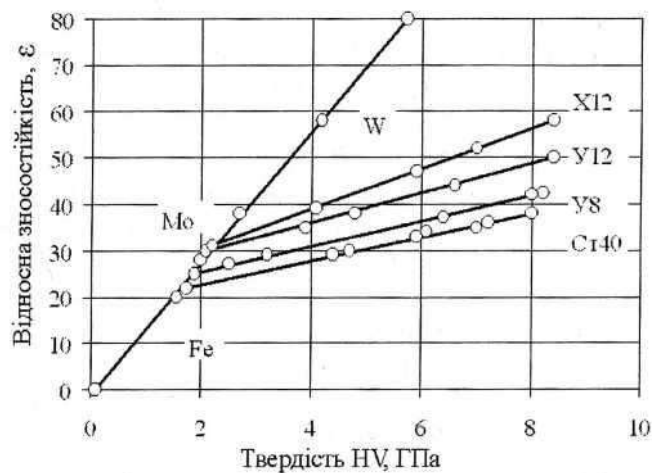


Рисунок 1.2 – Залежність зносостійкості від твердості металів і сплавів [9]

З аналізу численних публікацій у вітчизняній [10 – 14] і закордонній [15 – 18] літературі, присвячених вивченню залежності між зносостійкістю та твердістю, а також досвіду власних лабораторних і виробничих випробувань, впливає, що вибір зносостійкого матеріалу і режимів його термічної обробки з умов одержання найвищої вихідної твердості не є безумовним. Дослідженню

впливу структури на зносостійкість сталей і сплавів присвячено багато робіт [19 – 22], у яких відзначалося існування залежності опору сталей і сплавів зношуванню від їхнього структурного стану. Починалися спроби встановити як якісні, так і кількісні характеристики цієї залежності. Будь – які зміни структурного стану сталі і сплаву природно відбиваються на величині всіх характеристик механічних властивостей і, зокрема, твердості.

У практиці досліджень зносостійкості матеріалів накопичений значний обсяг інформації про роботи в області визначення залежності твердості – зносостійкості. Випробувалися в лабораторних і виробничих умовах матеріали різного хімічного складу в обумовлених умовах зношувального середовища. Спроби багатьох авторів узагальнити результати цих досліджень при побудові графіків у координатах твердість – відносна зносостійкість (рис. 1.3, 1.4) для матеріалів із різним структурним станом і випробуваних у різних умовах показали, що при великій розбіжності представлених даних ілюструється тенденція прямопропорційної залежності зносостійкості від твердості. При цьому пряма пропорційність спостерігається тільки при випробуванні сплавів, які мають стабільну структуру, що не зазнає структурно – фазових перетворень під тиском абразивних тіл у процесі зношування.

Аналіз результатів дослідження опору зношуванню незакріпленими абразивними частками великої кількості сплавів різного складу і структури, проведених авторами в умовах роботи прес – форм для пресування вогнетривів показує, що в сталях з нестабільною структурою, здатною до перетворень під впливом абразивних тіл у процесі зношування, виявляється складна залежність зносостійкості від твердості.

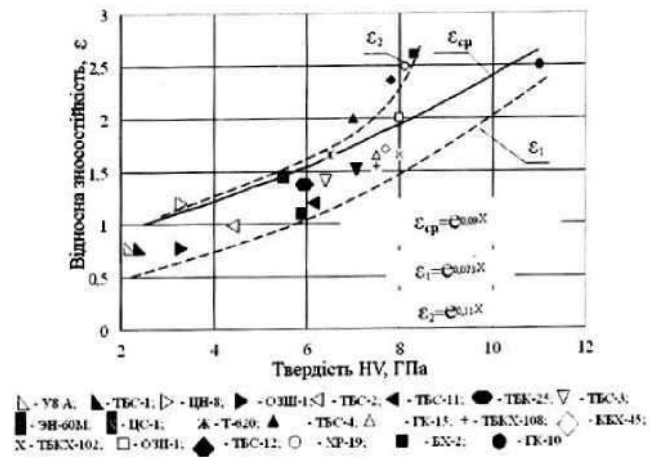


Рисунок 1.3 – Залежність відносної зносостійкості від твердості HV [23]

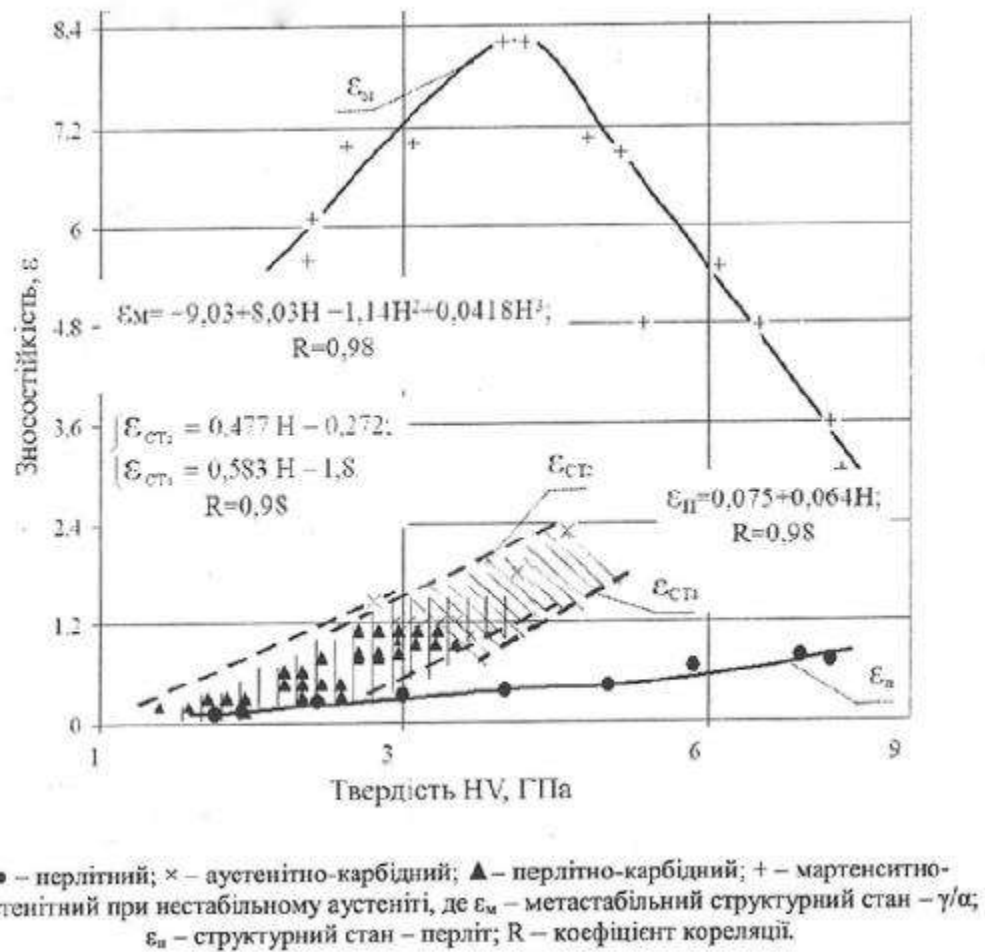


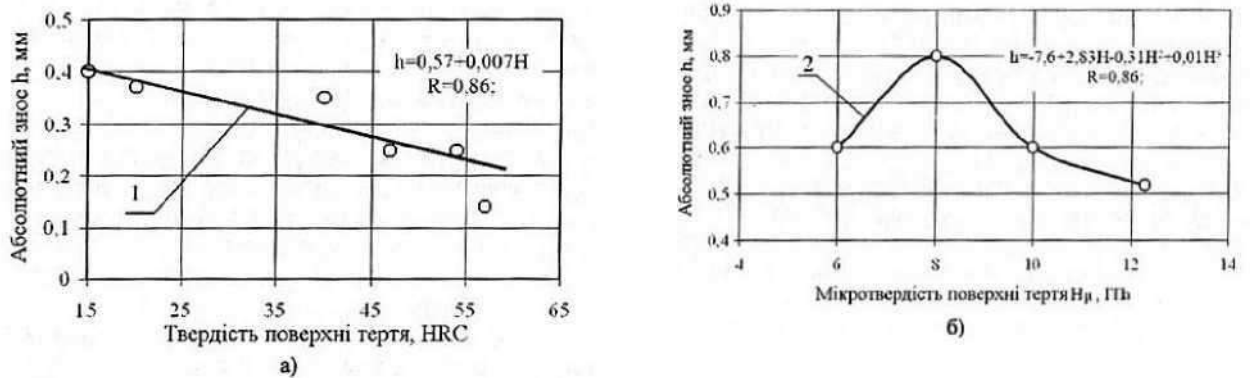
Рисунок 1.4 – Залежність зносостійкості від твердості сплавів у різному структурному стані [23]

Аномальність такої залежності ( $\epsilon_m$ ) полягає в тому, що максимальна зносостійкість –  $\epsilon = 8,4$  (сталь Х12Ф1) відзначається при твердості  $HV=5$  ГПа, у той час, як при максимальній твердості цієї сталі  $HV=8,5$  ГПа після загартування з температури  $1050^\circ\text{C}$ , її зносостійкість складає не більше 3. Залежності зносостійкості від твердості сталей зі структурою, здатною до перетворень у процесі зношування, докладно досліджені на сталях 20Х, Х12Ф1 і Х12 у лабораторних і виробничих умовах пресування вогнетривких виробів при великих питомих тисках абразивної шихти.

Глибина зміцненого шару робочої поверхні пластин прес – форм зі сталі 20Х досягає від 20 мкм до 30 мкм, сталі Х12Ф1 – 16 мкм при твердості, після зношування сягаючої 12,3 ГПа.

Цей зміцнений шар на поверхні деталі по мірі руйнування переміщується всередину паралельно самому собі. Таким чином, зношується метал, який має структуру і властивості, що відрізняються від цих характеристик у вихідному стані (рис. 1.5).

Співвідношення даних про залежність «твердість – зносостійкість» сталі 20Х до і після зношування, випробуваної в умовах роботи пластин прес – форм для виготовлення вогнетривких виробів, ілюструє розходження в характері цих кривих. Звичайно наводяться дані про зношування деталей, виготовлених зі сталей, на яких твердість визначалася у вихідному (рис. 1.5, а) стані, тобто до початку лабораторних чи виробничих випробувань. У процесі випробувань у результаті впливу зношуючого середовища, у робочій поверхні сталі відбуваються істотні зміни, що відбиваються і на твердості робочого шару деталі, визначеної після зношування (рис. 1.5, б).



1 – залежність твердості поверхні тертя до зношування;

2 – залежність мікротвердості поверхні тертя після зношування.

Рисунок 1.5 – Співвідношення між абсолютним зносом і твердістю сталі 20Х у вихідному стані (а) і після зношування (б)

«Досвід у виробництві, дослідження авторів вказують, що сплави, у поверхневому шарі, яких при зношуванні в найбільшій мірі проходять структурні зміни, не відповідає прямопропорційній залежності твердості від зносостійкості, обумовленої до зношування (рис. 1.5, а). Не виявляється тісний зв'язок опору зношуванню таких сплавів і з іншими механічними характеристиками, вихідним структурним станом і хімічним складом. Однак рівень зносостійкості таких матеріалів може бути досить високий. При відносно невеликій вихідній твердості і вмісті в сталі незначної кількості легуючих елементів зносостійкість може бути істотно вище в порівнянні з високолегованими твердими сталями» [19, 22].

Таким чином, оцінка зносостійкості сплавів за твердістю може проводитися тільки з урахуванням їх вихідного структурного стану. Для сплавів зі стабільною матрицею справедлива прямопропорційна залежність зносостійкості від твердості. Для сплавів з нестабільною основою, здатною до перетворень під впливом абразивних тіл у процесі зношування, зносостійкість залежить головним чином від повноти цих перетворень.

На сьогоднішній день для створення зносостійких матеріалів дослідники використовували три основні підходи, що базуються на механічному, металофізичному і енергетичному методах вивчення процесів абразивного руйнування. В роботі [24, 25] автор пропонує два основних шляхи синтезу зносостійких сплавів:

- створення матеріалів з структурою, яка поглинає енергію та розсіює її шляхом зворотних фазових та структурних перетворень;
- створення матеріалів з відносно термостабільною структурою, яка розсіює енергію тепловими полями.

В першому випадку в різних умовах тертя в поверхневих шарах проходять фазові та структурні перетворення. За рахунок цього зносостійкість визначається кінетикою зворотних структурних перетворень, які відбуваються на поверхнях тертя. Довговічність структури визначається здатністю швидкої перебудови в сприятливу для даного етапу роботи та умов тертя (принципи синергетики).

При створенні зносостійких сплавів з термостабільною структурою (сплави евтектичного класу) довговічність визначається температурним порогом стійкості структур, малою енергією міжфазових границь. Такі сплави можуть розглядатися як композиційні матеріали.

Дослідження систем евтектичного класу дозволили встановити зв'язок характеристик зносостійкості з діаграмою стану. З рис. 1.6 для умов абразивного зношування видно, що мінімум інтенсивності зношування співпадає з евтектичним складом.

В роботі [24, 25] встановлено, що в поверхневих шарах при терті ковзання можливе протікання як прямого  $\gamma \rightarrow \alpha$ , так і зворотнього  $\alpha \rightarrow \gamma$  мартенситного перетворення. Аустеніт, який утворився внаслідок  $\alpha \rightarrow \gamma$  перетворення, відрізняється завдяки спадковості дефектів вихідного мартенситу та підвищення вмісту легувальних елементів. В умовах високих тисків розчинність вуглецю та легувальних елементів збільшується.

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

перетворюється.

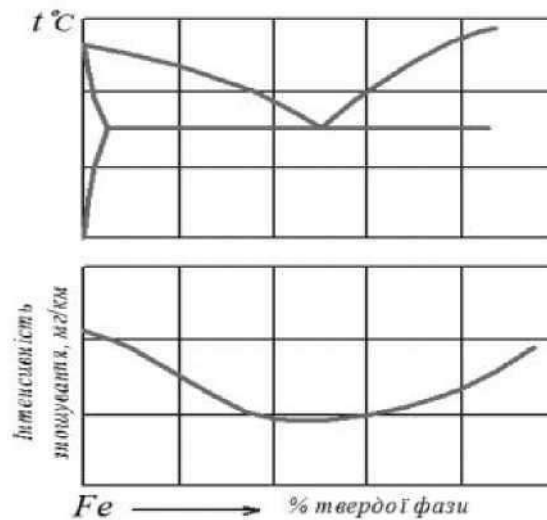


Рисунок 1.6 – Зміна інтенсивності зношування сплавів евтектичних систем при абразивному зношуванні [24, 25]

В роботі [24, 25] автори стверджують, що властивості аустенітно – мартенситного, аустенітно – карбідного та аустенітно – мартенситно – карбідного сплавів при однаковій кількості аустеніту суттєво відрізняються. При аустенітно – карбідній структурі зносостійкість в умовах абразивного середовища збільшується при зміні складу карбідної фази типу  $\text{Me}_7\text{C}_3$  на  $\text{Me}_{23}\text{C}_6$  за рахунок того, що у фазі  $\text{Me}_{23}\text{C}_6$  решітка більш когерентно пов'язана з аустенітною основою.

В роботі [26] досліджено вплив залишкового аустеніту та твердої надлишкової фази на зносостійкість наплавлених сплавів.

Сплави з високою початковою твердістю взагалі мають більшу зносостійкість, але виключенням з цього загального правила є сплави, у структурі яких утворюється значна кількість залишкового аустеніту. У процесі зношування таких сталей з метастабільною аустенітною структурою під впливом енергії процесу тертя на поверхні може відбуватися утворення мартенситу деформації [26].

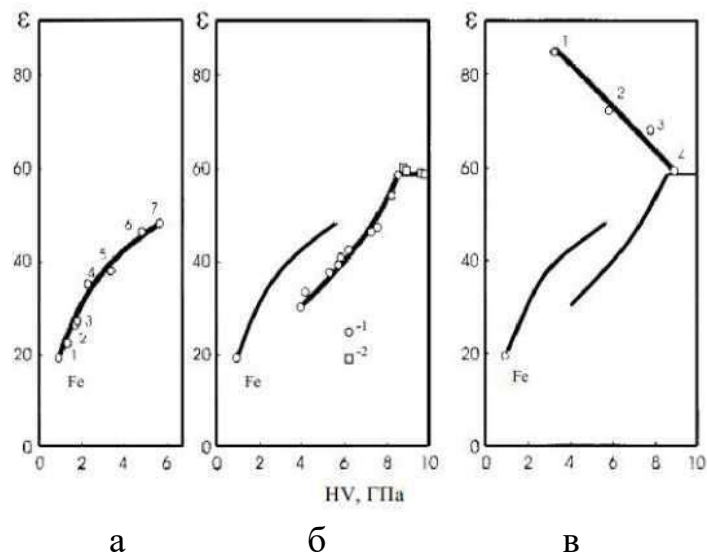
В роботі [26] розглядався вплив різноманітного структурного стану металеві матриці залізвуглецевих сплавів на параметри зносостійкості при

абразивному зношуванні. Підвищення вмісту карбідної фази у феритній матриці (відпалений стан) природно збільшує твердість і зносостійкість сплавів (рисунок 1.7 а).

Зносостійкість є мартенситних зразків однозначно визначається твердістю (рис. 1.7 б). Причому не має значення, чим викликане зниження твердості мартенситу – недостатнім вмістом вуглецю (гартування без відпуску мало – і середньовуглецевих сталей) чи відпуском гартованих вуглецевих (до У8) сталей [24, 25].

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

З підвищенням температури гартування (рис. 1.7, в) твердість заевтектоїдних сплавів знижується через збільшення в структурі кількості залишкового аустеніту. Зносостійкість при цьому, навпаки, зростає. Максимум зносостійкості досягається при гартуванні від 1130 °С сплаву зі вмістом вуглецю 2,0 %, коли в структурі присутня максимально можлива кількість залишкового аустеніту.



а – відпалені сталі (1 – Ст3; 2 – сталь 45; 3 – У8; 4 – У12 і сплави (5 – 2,0 % С; 6 – 3,3 % С; 7 – 4,3 % С);

б – доєвтектоїдні сталі зі структурою мартенситу (1) і заєвтектоїдні сталі і сплави після гартування на мартенсит (2);

в – сплав 2,0 %С після гартування від різної температури (температура гартування: 1 – 1130 °С; 2 – 985 °С; 3 – 930 °С; 4 – гартування на мартенсит)

Рисунок 1.7 – Відносна зносостійкість в залежності від твердості (HV) сплавів системи Fe – C [27]

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

Таким чином, з усіх структур залізовуглецевих сплавів максимальну зносостійкість в умовах абразивного тертя має залишковий аустеніт, незважаючи на свою невисоку вихідну твердість, що значно нижче твердості як мартенситу, так і цементиту [26].

## 1.2 Матеріали для відновлення та підвищення зносостійкості поверхонь деталей

Наплавлення – складний металургійний процес, що вимагає комплексного вирішення ряду важливих питань: вибір наплавочного матеріалу, що забезпечує необхідні властивості, які відповідають умовам експлуатації; вибір способу і режиму наплавлення [28, 29].

Вибір наплавочних матеріалів визначається видом зносу [12, 30 – 35]. У свою чергу, вид зносу залежить від умов роботи машини, агрегату, вузла. Значна кількість деталей машин і механізмів, що використовуються в різних галузях промисловості, зношується в результаті сухого тертя металу по металу. Багато з них відновлюють різними способами наплавлення [36 – 39].

Як правило, такі деталі виготовляють зі середньо – і високовуглецевих нелегованих або низьколегованих конструкційних сталей [40]. Підвищений вміст вуглецю забезпечує високу твердість і міцність матеріалів, однак через невисокий вміст легуючих елементів їх зносостійкість знаходиться на відносно невисокому рівні. Крім цього, при вмісті вуглецю більше 0.5% значно ускладнюється технологія відновлення деталей із зазначених сталей способами наплавлення, що пов'язано з утворенням гартівних структур і появою холодних тріщин в металі навколошовної зони. Появи тріщин можна уникнути, застосовуючи спеціальні технологічні заходи, такі як підігрів деталі до 400 °С з подальшим уповільненим охолодженням після наплавлення.

Для відновлення і зміцнення деталей машин і механізмів у різних галузях промисловості використовуються різноманітні наплавочні матеріали, в основному, сталі і чавуни, рідше – сплави на основі нікелю, кобальту, міді, матеріали на основі карбідів вольфраму і хрому.

Протидіяти зношуванню може метал, який має тверду складову (карбіди, бориди, нітриди, оксиди, інтерметалеві сполуки). У багатьох випадках ці функції може виконувати мартенсит. Тверді частки карбідів та інших сполук повинні

міцно утримуватись матрицею – основою сплаву. Роль матриці в сталях і сплавах може виконувати мартенсит, ферит, аустеніт, ледебурит.

На рис. 1.8 показано області існування наплавних матеріалів різних структурних груп. Діаграма побудована наступним чином: по осі ординат за логарифмічною шкалою (%) відкладено вміст вуглецю в наплавленому металі, по осі абсцис (%) – сумарний вміст Cr, Mn, Si, Mo, і Ti, найбільш поширених легуючих елементів для зміцнювального наплавлення на основі заліза.

Хороший ефект з точки зору тріщиностійкості дає застосування матеріалів, що забезпечують отримання наплавленого металу з аустенітної структурою. Однак зносостійкість наплавленого металу цього типу в умовах сухого тертя металу по металу знаходиться на низькому рівні, а ціна матеріалів для наплавлення такого типу досить висока і їх застосування економічно не завжди виправдано.

Більш доцільно для відновлення деталей такого типу застосовувати матеріали, що забезпечують отримання наплавленого металу зі структурою метастабільного аустеніту. Подібну структуру можна отримати при використанні матеріалів для наплавлення, легованих хромом і марганцем. Попередній наклепу або наклеп безпосередньо в процесі експлуатації призводить до розпаду метастабільного аустеніту, а також збільшенню твердості і зносостійкості наплавленого металу.

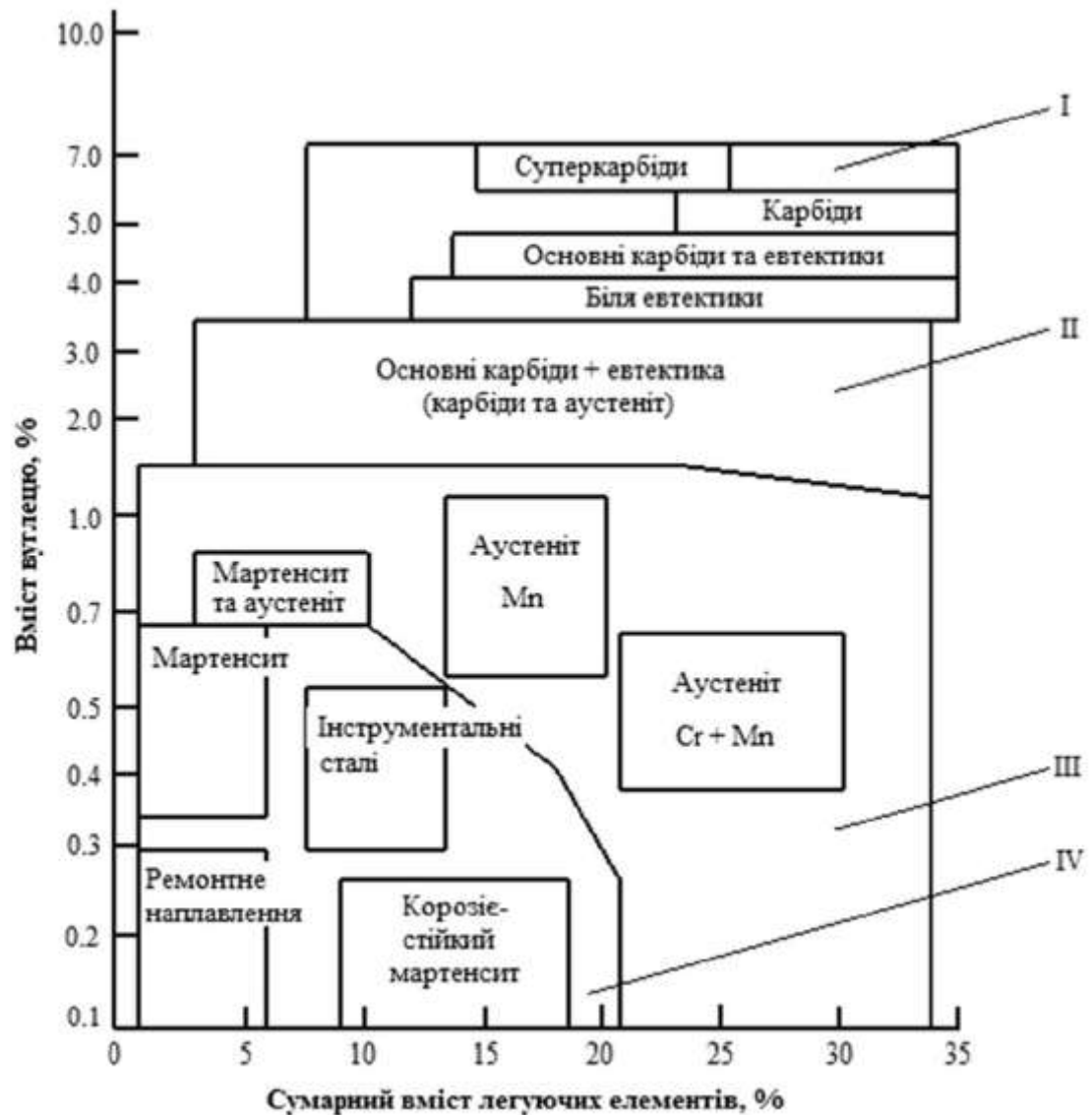


Рисунок 1.8 – Залежність зносостійкості від твердості сплавів у різному структурному стані [23]

Мікромеханізм руйнування металу залежить від вмісту вуглецю – з його збільшенням він змінюється від в'язкого (від 0.15 %C до 0.20 %C) до змішаного квазікрихкого (від 0.25 %C до 0.40 %C) і далі до суто крихкого (більше, ніж 0.4 %C).

Сьогодні найбільше практичне значення має класифікація наплавленого металу за хімічним складом і структурними ознаками. Склад легуючих елементів у наплавленому металі визначає його структуру і властивості, відповідність умовам експлуатації виробу тощо. Зносостійкість наплавлених шарів

визначається не тільки наявністю в сплаві тих чи інших легуючих елементів, але і будовою матриці – основи сплаву [12, 13, 41 – 43].

При відновленні поверхонь деталей наплавленням існують певні рекомендації щодо вибору матеріалів для конкретних видів зношування. Так, у роботі [12, 13, 42, 43] за результатами обробки документа 11 – 1303 (11Е – 221 – 96).

Міжнародного інституту зварювання «Система класифікації сплавів для відновлювального і зміцнювального наплавлення» надані рекомендації щодо вибору матеріалів на основі поділення їх композицій і мікроструктур. Для умов тертя металу по металу виділені наступні структурні групи: мартенсит, зміцнений карбідами МК1; аустеніт марганцевий тип А2; аустеніт хромомарганцевий тип А3; аустеніт типів 2 і 3, зміцнений карбідами А2К, А3К. В таблиці 1.1 приведені характеристики груп, що рекомендовані для зносостійкого наплавлення поверхонь в умовах тертя металу по металу.

Кожна з вказаних структурних груп має високий опір при терті метала по металу, але вибір матеріалу для наплавлення ускладняється достатньо широким діапазоном змін хімічного складу композицій у межах окремої структурної групи та залежністю типу структури від умов охолодження при наплавленні.

Можна також скористатися рекомендаціями розробленого стандарту ДСТУ БК 14700:2008 «Матеріали зварювальні. Зварювальні матеріали для наплавлення», дія якого поширюється на наплавлення поверхонь нових деталей і заготовок, а також на ремонт поверхонь деталей наплавленням, які повинні протистояти механічному, хімічному, тепловому впливу або їх комбінованій дії [12, 13, 44].

Стандарт передбачає класифікацію наплавочних матеріалів на підставі хімічного складу наплавленого металу, а також містить дані по властивостях сплавів різних типів, їх структурі і твердості, рекомендації по застосуванню найбільш поширених типів наплавочних сплавів. Наприклад, матеріали на залізовуглецевій основі поділені на 20 видів з умовними позначками від Fe1 до Fe20. У межах кожного із поділених видів сплаву вказаний також широкий

діапазон зміни легуючих елементів, зокрема по вуглецю, хрому, нікелю, марганцю.

Таблиця 1.1 – Основні характеристики сплавів для наплавлення за 11Е – 221 – 96 [13]

| Показник                        | Структурна група наплавних матеріалів                  |                                                                         |                                      |                                                                              |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
|                                 | МК1                                                    | A2                                                                      | A3                                   | A2K, A3K                                                                     |
| Хімічний склад, %               | (0.5 – 1.5)%C;<br>Cr+W+Mo+V(Co)=7 – 16%                | (0.7 – 1.2)%C;<br>Mn+Cr+Ni =13 – 25%; звичайно 12 – 14%(Mn+Cr) i/або Ni | (0.5 – 0.7)%C;<br>Mn+Cr= =25 – 35%   | (0.9 – 1.7)%C;<br>Mn+Cr+Nb= =15 – 30%                                        |
| Мікроструктура                  | Мартенсит з сіткою карбідів в стані після наплавлення. | Аустеніт або аустеніт, зміцнений карбідами.                             | Аустеніт. Термічна обробка не бажана | Аустеніт з дрібно-дисперсними карбідами                                      |
| Твердість                       | 55 – 62HRC в стані після наплавлення.                  | 200HB в стані після наплавлення                                         | 200HB в стані після наплавлення      | 250 – 300HB в стані після наплавлення. В процесі роботи – зміцнення до 45HRC |
| Опір при терті метала по металу | Високий                                                | Високий                                                                 | Високий                              | Високий                                                                      |

У таблицях 1.2 – 1.4 наведено хімічний склад, властивості, приклади застосування, структура та склад сплавів на залізовуглецевій основі для тертя твердих тіл

Таблиця 1.2 – Хімічний склад та властивості рекомендованих сплавів на залізовуглецевій основі при терті твердих тіл [13]

| Умовні позначення | Властивості | Масова частка елементів, % |             |             |             |           |       |      |       |        |       |
|-------------------|-------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------|------|-------|--------|-------|
|                   |             | C                          | Cr          | Ni          | Mn          | Mo        | W     | V    | Nb    | Інші   | Решта |
| Fe1               | p           | ≤0,4                       | ≤3,5        | –           | 0,5 – 3,0   | ≤1,0      | ≤1,0  | ≤1,0 | –     | –      | Fe    |
| Fe2               | p           | 0,4 – 1, 2                 | ≤7,0        | ≤1,0        | 0,5 – 3,0   | ≤1,0      | ≤1,0  | ≤1,0 | –     | –      | Fe    |
| Fe3               | st          | 0, 2 – 0,5                 | 1,0 – 8,0   | ≤5,0        | ≤3,0        | ≤4,5      | ≤10,0 | ≤1,5 | –     | Co, Si | Fe    |
| Fe4               | st(p)       | 0, 2 – 1,5                 | 2,0 – 6,0   | ≤4,0        | ≤3,0        | ≤10,0     | ≤19,0 | ≤4,0 | –     | Co, Ti | Fe    |
| Fe5               | cpst        | ≤0,5                       | ≤0,1        | 17,0 – 22,0 | ≤1,0        | 3,0 – 5,0 | –     | –    | –     | Co, Al | Fe    |
| Fe6               | gps         | ≤2,5                       | ≤10,0       | –           | ≤3,0        | ≤3,0      | –     | –    | ≤10,0 | Ti     | Fe    |
| Fe7               | cpt         | ≤0, 2                      | 4,0 – 30,0  | ≤6,0        | ≤3,0        | ≤2,0      | –     | ≤1,0 | ≤1,0  | Si     | Fe    |
| Fe8               | gpt         | 0, 2 – 2                   | 5,0 – 18,0  | –           | 0,3 – 3,0   | ≤4,5      | ≤2,0  | ≤2,0 | ≤10,0 | Si, Ti | Fe    |
| Fe9               | k(n)p       | 0,3 – 1, 2                 | ≤19,0       | ≤3,0        | 11,0 – 18,0 | ≤2,0      | –     | ≤1,0 | –     | Ti     | Fe    |
| Fe10              | ck(n)       | ≤0, 25                     | 17,0 – 22,0 | 7,0 – 11,0  | 3,0 – 8,0   | ≤1,5      | –     | –    | ≤1,5  | Si     | Fe    |
| Fe11              | cnz         | ≤0,3                       | 18,0 – 31,0 | 8,0 – 20,0  | ≤3,0        | ≤4,0      | –     | –    | ≤1,5  | Cu     | Fe    |
| Fe12              | c(n)z       | ≤0,08                      | 17,0 – 26,0 | 9,0 – 26,0  | 0,5 – 3,0   | ≤4,0      | –     | –    | ≤1,5  | –      | Fe    |
| Fe13              | g           | ≤1,5                       | ≤6,5        | ≤4,0        | 0,5 – 3,0   | ≤4,0      | –     | –    | –     | B, Ti  | Fe    |

Продовження таблиці 1.2

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |           |             |      |           |      |      |       |       |      |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|-------------|------|-----------|------|------|-------|-------|------|----|
| Fe14                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | g(c) | 1,5 – 4,5 | 25,0 – 40,0 | ≤4,0 | 0,5 – 3,0 | ≤4,0 | –    | –     | –     | –    | Fe |
| Fe15                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | g    | 4,5 – 5,5 | 20,0 – 40,0 | ≤4,0 | 0,5 – 3,0 | ≤2,0 | –    | –     | ≤10,0 | B    | Fe |
| Fe16                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | gz   | 4,0 – 7,5 | 10,0 – 40,0 | –    | ≤3,0      | ≤9,0 | ≤8,0 | ≤10,0 | ≤10,0 | B,Co | Fe |
| Fe20                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | cgtz | тв. мат   | –           | –    | –         | –    | –    | –     | –     | –    | Fe |
| Властивості: с: корозійна стійкість; п: немагнітний матеріал; t: термостійкість;<br>g: абразивна зносостійкість; р: ударна стійкість; z: стійкість проти сколів; k: зміцнення при експлуатації; s:<br>збереження ріжучої крайки; w: дисперсійне твердіння;<br>() – може не ставитися до всіх сплавів цього типу |      |           |             |      |           |      |      |       |       |      |    |

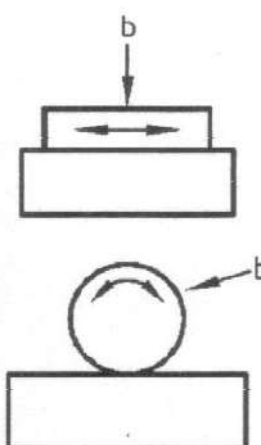
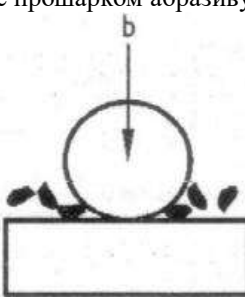
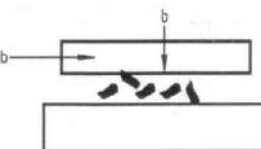
Таблиця 1.3 – Властивості сплавів різних типів, їхня структура й твердість [13]

| Умовні<br>позначення | Властивості   |                |                                           |                          |                        |                           |                | Сплав/мікроструктура  | твердість |           |
|----------------------|---------------|----------------|-------------------------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|----------------|-----------------------|-----------|-----------|
|                      | Механічні     |                | Термічні                                  |                          | Корозійна<br>стійкість | Тріщино<br>–<br>стійкість | Оброблюваність |                       | [HB]      | [HRC]     |
|                      | Опір<br>тертю | Опір<br>ударам | Опір високотемпе<br>– ратурному<br>впливу | Опір термічним<br>ударам |                        |                           |                |                       |           |           |
| Fe1                  | 3 і 4         | 2 і 3          | 4                                         | 4                        | 4                      | 4                         | 1              | Феритна/мартенситна   | 150 – 450 | –         |
| Fe2                  | 3 і 4         | 2              | 4                                         | 4                        | 4                      | 4                         | 2              | Мартенситна           | –         | 30 – 58   |
| Fe3                  | 3             | 2              | 2                                         | 2                        | 3                      | 3                         | 2              | Мартенситна (карбіди) | –         | 40 – 55   |
| Fe4                  | 2             | 2 і 3          | 1 і 2                                     | 1 і 2                    | 23                     | 3                         | 2 і 3          | Мартенситна + карбіди | –         | 55 – 65   |
| Fe5                  | 2             | 1              | 1                                         | 1                        | 2                      | 2                         | 1              | Мартенситна           | –         | 30 – 40   |
| Fe6                  | 1             | 1              | 2 і 3                                     | 2 і 3                    | 4                      | 4                         | 2 і 3          | Мартенситна + карбіди | –         | 48 – 55 а |
| Fe7                  | 2             | 2              | 1 і 2                                     | 1 і 2                    | 1 і 2                  | 1 і 2                     | 1              | Феритна/мартенситна   | 250 – 450 | –         |
| Fe8                  | 1 і 2         | 1 і 2          | 4                                         | 4                        | 3                      | 3                         | 2 і 3          | Мартенситна + карбіди | –         | 50 – 65   |
| Fe9                  | 4             | 1              | 4                                         | 4                        | 2 і 3                  | 2 і 3                     | 1 і 2          | Аустенітна            | 200 – 250 | 40 – 50 б |

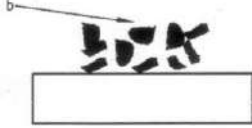
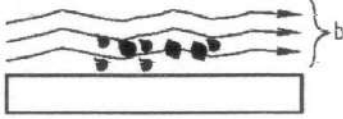
Продовження таблиці 1.3

|                                                                                                                                                                                                                                     |   |       |       |   |   |   |   |                                 |                         |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|-------|---|---|---|---|---------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Fe10                                                                                                                                                                                                                                | 4 | 1     | 1 і 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | Аустенітна                      | 180 – 200               | 38 – 42 ГПа       |
| Fe11                                                                                                                                                                                                                                | 4 | 3     | 1     | 4 | 1 | 1 | 1 | Аустенітна                      | –                       | –                 |
| Fe12                                                                                                                                                                                                                                | 4 | 3     | 1     | 4 | 1 | 1 | 1 | Аустенітна                      | 150 – 250               | –                 |
| Fe13                                                                                                                                                                                                                                | 1 | 4     | 2     | 4 | 4 | 4 | 4 | Мартенситна/аустенітна          | –                       | 55 – 65           |
| Fe14                                                                                                                                                                                                                                | 1 | 3 і 4 | 3     | 4 | 2 | 2 | 4 | Мартенситна/ аустенітна +       | –                       | 40 – 60           |
| Fe15                                                                                                                                                                                                                                | 1 | 4     | 2     | 4 | 3 | 3 | 4 | Мартенситна/ аустенітна +       | –                       | 55 – 65           |
| Fe16                                                                                                                                                                                                                                | 1 | 4     | 1     | 4 | 3 | 3 | 4 | Мартенситна/ аустенітна +       | –                       | 60 – 70           |
| Fe20                                                                                                                                                                                                                                | 1 | 3     | 3     | 4 | 3 | 3 | 4 | Тверді включення в Fe – матриці | 1500 – 2800 HV(твердий) | 50 – 60 (матриця) |
| <p>Критерії властивостей:</p> <p>1 – відмінно;</p> <p>2 – добре;</p> <p>3 – прийнятно;</p> <p>4 – не прийнятно;</p> <p>а – після штучного старіння за темп. 480 °С 3 – 4 год.</p> <p>б – після зміцнення в процесі експлуатації</p> |   |       |       |   |   |   |   |                                 |                         |                   |

Таблиця 1.4 – Приклади застосування сплавів при терті твердих тіл на залізовуглецевій основі [13]

| Вид контактної взаємодії                                                                                                                                                 | Вид зношування                                                   | Приклади наплавлених деталей                     | Умовна позначка сплаву           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------|
| Тверде тіло – тверде тіло а<br>Тертя твердих тіл<br>Граничне тертя<br>Змішане тертя<br> | Зношування при терті                                             | Напрямні, рейки                                  | Fe1, Fe2, Fe3                    |
|                                                                                                                                                                          | Втомне зношування                                                | Ковальський молот                                | Fe 9, Fe10                       |
|                                                                                                                                                                          | Зношування при ударах                                            | Коромисло клапана, кулачки                       | Fe1, Fe2, Fe3                    |
|                                                                                                                                                                          | Зношування при коченні                                           | Трамвайні рейки, стрілочні переводи              | Fe 9, Fe10                       |
|                                                                                                                                                                          | Зношування при терті й ударах Термічна втома                     | Колесо візка                                     | Fe1, Fe2, Fe3, Fe9               |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Залізничні рейки                                 | Fe1, Fe9, Fe10                   |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Ролики МБЛЗ                                      | Fe7                              |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Ролики рольгангів                                | Fe3, Fe6, Fe7, Fe8               |
|                                                                                                                                                                          | Зношування при холодному терті ковзання з ударами                | Провідні ролики, барабани                        | Fe3                              |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Кувальні й пресові штампи                        | Fe3, Fe4, Fe6, Fe8               |
|                                                                                                                                                                          | Зношування при терті ковзання з ударами при високих температурах | Ножі холодного різання, обрізні штампи           | Fe4, Fe5, Fe8                    |
| Тверде тіло – тверде тіло с прошарком абразиву<br>                                     | Зношування при терті ковзання з ударами                          | Щокова дробарка, біла молоткових дробарок        | Fe6, Fe8, Fe9, Fe14              |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Лопати мішалок                                   | Fe6, Fe8, Fe9                    |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Деталі дробарок                                  | Fe6, Fe8, Fe9, Fe13, Fe14, Fe15  |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Бандажі та ролики цементних пічей                | Fe6, Fe8                         |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Деталі млинів для розмолу руди й вугілля         | Fe6, Fe8, Fe13, Fe14, Fe15, Fe16 |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Колосники, гуркоти                               | Fe13, Fe14, Fe15                 |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Молотки вугільних млинів                         | Fe8, Fe13, Fe14, Fe15            |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Зносостійкі листи                                | Fe13, Fe14, Fe15                 |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Лемехи плугів, ножі будівельних і дорожніх машин | Fe15, Fe20                       |
| Тверде тіло – тверде тіло із прошарком абразиву, високий поверхневий тиск<br>         | Зношування при терті ковзання з ударами                          | Бункери, тічки, ринви                            | Fe14, Fe15, Fe20                 |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Зносостійкі листи                                | Fe14, Fe15                       |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Деталі екструдерів                               | Fe14, Fe15, Fe20                 |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Черв'яки, шнеки конвеєрів                        | Fe14, Fe15, Fe20                 |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Ножі, деталі ковшів будівельних і дорожніх машин | Fe15, Fe20                       |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Зуби розпушувачів, робочі органи культиваторів   | Fe6, Fe2, Fe8                    |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Лемеші плугів                                    | Fe2, Fe6, Fe8, Fe20              |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Деталі змішувачів                                | Fe6, Fe8, Fe14, Fe20             |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Деталі цегельних пресів                          | Fe6, Fe8, Fe14                   |
|                                                                                                                                                                          |                                                                  | Деталі млинів                                    | Fe14                             |

Продовження таблиці 1.4

|                                                                                                                      |                                                                                      |                                                 |                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------|
| <p>Тверді частки в потоці газу</p>  | <p>Газоабразивне зношування,<br/><math>T \geq 500\text{ }^{\circ}\text{C}</math></p> | Клапани доменних печей.                         | Fe6, Fe7, Fe8          |
|                                                                                                                      |                                                                                      | Контактний пояс конуса й чаші доменної печі     | Fe6, Fe3, Fe8(Fe16)    |
|                                                                                                                      |                                                                                      | Деталі завантажувальних пристроїв доменної печі | Fe15, Fe16             |
|                                                                                                                      |                                                                                      | Деталі нагрівальних печей                       | Fe7                    |
|                                                                                                                      |                                                                                      | Деталі вентиляторів, ексгаустерів               | Fe10, Fe15, Fe16, Fe20 |
|                                                                                                                      |                                                                                      | Деталі дробарок, гуркоту                        | Fe15, Fe16             |
|                                                                                                                      |                                                                                      | Робочі колеса насосів, зносостійкі листи        | Fe14, Fe15, Fe20       |
| <p>Тверді частки в потоці води</p>  | <p>Гідроабразивне зношування,<br/>Кавітація</p>                                      | Деталі пульпопроводів, зносостійкі листи        | Fe14, Fe15             |
|                                                                                                                      |                                                                                      | Деталі драг, землечерпалок, земснарядів         | Fe6, Fe8               |
|                                                                                                                      |                                                                                      | Деталі насосів по перекачуванню рідин           | Fe6, Fe7, Fe8          |
|                                                                                                                      |                                                                                      | Деталі змішувачів                               | Fe6, Fe7, Fe8          |
| <p>Тверде тіло – рідина</p>                                                                                          | Корозія, ерозія                                                                      | Водяна турбіна                                  | Fe7                    |
|                                                                                                                      | Корозія                                                                              | Хімічне устаткування                            | Fe7, Fe11, Fe12        |
|                                                                                                                      |                                                                                      | Деталі запірних арматур морських суден          | Fe7                    |
| <p>а – згідно табл. 1.2;<br/>б – напрямок зношування</p>                                                             |                                                                                      |                                                 |                        |

Відмічені обставини ускладнюють вибір існуючих на ринку матеріалів при відновленні поверхонь для різних видів зношування. У зв'язку з цим, для умов тертя металу по металу як і для інших видів зношування, актуальним є накопичення експериментальних даних в рамках тих хімічних складів сплавів, що рекомендовані для цього виду зношування.

### 1.3 Модифікування як засіб поліпшення структури

Модифікатор (від лат. *modifico* – видозмінюється, міняє форму) – речовина, яка суттєво змінює структуру та властивості обробленого їм металу або сплаву [44].

Модифікування – процес активного регулювання первинної кристалізації або

зміни ступеня дисперсності фаз які кристалізуються шляхом введення в розплав добавок окремих елементів або їх сполук.

Модифікуванням можна добитися подрібнення макро та мікрозерна; фазових складових евтектики; первинних кристалів; форми, а також зміни розміру та розподілу неметалевих включень. Модифікування металів можна провести декількома способами: введенням в розплав добавок – модифікаторів; застосуванням різних фізичних впливів (регулювання температури розплаву, попереднє охолодження розплаву при переливу, суспензійне розливання, лиття в температурному інтервалі кристалізації, вібрація, ультразвук, електромагнітне перемішування); комбінованими способами, що поєднують вищевикладені.

За природою впливу модифікатори можна розділити на три види: модифікатори 1 – го роду, 2 – го та 3 – го роду. Модифікатори 1 – го роду впливають на структуру за рахунок зміни енергетичних характеристик (енергія активації та поверхневий натяг) зародження нової фази. Модифікатори 2 – го роду змінюють структуру, впливаючи на неї, як зародки твердої фази. Модифікатори 3 – го роду – холодильники / інокулятори – знижують температуру металу і підвищують швидкість кристалізації, гальмуючи тим самим розвиток ліквідації елементів [44].

Найбільше застосування отримали модифікатори 1 – го роду. До них відносять домішки, необмежено розчинні в рідкій фазі та малорозчинні у твердій фазі (від 0,001 % до 0,1 %). Ці домішки, у свою чергу, можна розділити на два типи: що не змінюють поверхневі властивості фази яка кристалізується та ті, що змінюють поверхневий натяг на межі розплав – кристал.

Модифікатори першого типу можуть гальмувати зростання твердої фази тільки за рахунок концентраційного бар'єру на кордоні розплав – кристал. При цьому не відбувається зміна енергетичних характеристик процесу.

Добавки другого типу, знижують поверхневий натяг на межі розплав – кристал та вибірково концентруються на поверхні кристалів (дендритів). Таким

чином, введення модифікаторів 1 – го роду супроводжується зміною поверхневого натягу та енергії активації в протилежних напрямках, одночасно подрібнюється макрозерно та укрупнюється мікрозерна, тобто виявляється комплексний вплив на макро – і мікроструктуру [44].

На даний час на комерційному ринку найбільш широко представлені нанодисперсні порошки оксидів (кремнію, заліза, сурми, алюмінію, титану), нанопорошки ряду карбідів (вольфраму, титану, кремнію), вуглецеві нановолокна, фулеренові матеріали [45].

У порівнянні з монокристалічними частинками, наночастинки деформовані неоднорідно: поверхневі шари розтягнуті, а внутрішні стиснуті. При макроскопічному розгляді стиск внутрішніх шарів можна було б трактувати, як результат впливу лапласовського тиску. Для малих наночастинок характерно зниження їх крапкової симетрії ( $\sim 10$  нм) [46] і в загальному випадку в них установлюється специфічний тип далекого порядку, при якому міжатомна відстань закономірна змінюється від центру частки до її периферії [47].

У відносно великих наночастинках ( $>10$  нм) поняття далекого порядку й кристалічної структури мають свій традиційний зміст. Однак незважаючи на те, що в цих наночастинках можна виділити поверхневі й об'ємні атоми, частка перших дуже велика, завдяки чому структура частинок має ряд відмінностей, що стосуються як параметрів, так і типу атомної кристалічної структури відповідних масивних матеріалів.

Ці відмінності проявляються в нормальній і тангенціальній релаксації наночастинок. Атом у приповерхній області має менше, чим в обсязі, число сусідів, і всі вони розташовані по один бік від нього. Це порушує рівновагу і симетрію в розподілі сил і мас, що приводить до зміни рівноважних міжатомних відстаней у порівнянні з їх значеннями в макрокристалах (нормальна релаксація), а також до зсувних деформацій, зміні впорядкування в поверхневих гранях, «згладжуванню»

вершин і ребер у результаті малих кутових деформацій міжатомних зв'язків (тангенціальна релаксація) [40].

У наночастинках, так само як і в тонких плівках і в ниткоподібних кристалах, внаслідок впливу поверхневої енергії змінюються термодинамічні умови фазових рівноваг. У них можуть утворюватися нові фази, нехарактерні для даної речовини в масивному стані. В випадках, коли в масивному стані є поліморфне перетворення, його температура і склад в наночастинці також можуть змінюватися [48]. Зі зменшенням розміру зразка від нескінченного до дуже малого зростає внесок поверхні  $F_s = \sigma (s/V)$  у вільну енергію  $F = F_v + F_s$  ( $F_v$  – об'ємний внесок). І може виявитися, якщо в масивних зразках при деякій температурі стійкою є фаза 1, тобто  $F_v(1) < F_v(2)$ , то при зменшенні розміру з врахуванням  $F_s$  може виконуватися умова  $F_v(2) \pm (\sigma_2 s_2 / V_2) < F_v(1) \pm (\sigma_1 s_1 / V_1)$  і стійкою буде фаза 2 [46].

Подрібнення структурних складових наплавленого металу може бути досягнуто введенням в зварювальну ванну нанодисперсних металевих та неметалевих порошків, властивості яких істотно відрізняються від властивостей макро – і мікропорошків того ж хімічного складу. Розмір зерен при цьому зменшується, що призводить до зміни механічних властивостей зварного з'єднання.

Одним з ефективних способів керування структурою, підвищення механічних, фізичних і експлуатаційних властивостей зварювальних швів, наплавлених покриттів вважається введення в матрицю добавок неметалічних включень у вигляді наноконпонентів.

Серед перспективних для практичного застосування це різні види нанопорошків оксидів, карбідів, нітридів металів. Залежно від типу наночастинок, їх морфології, розміру та способу введення в матеріал шва або покриття можна одержувати композиційні матеріали із заданими властивостями. Основне завдання застосування нанопорошків зводиться до вибору тугоплавких сполук і способу їх введення у зварювальну ванну.

В роботі [49] представлений спосіб зварювання із введенням мікрогранул нікелю, що містять нанодисперсні частинки монокарбіду вольфраму, в покриття промислових зварювальних електродів. У процесі зварювання такими електродами мікрогранули з покриттів, частково оплавляючись на границі високотемпературної зони дуги, потрапляють у зварювальну ванну. У результаті відбувається модифікування наплавленого металу, поліпшення ударної в'язкості та твердості металу шва.

В роботі [50] розглянуті способи введення невеликої (до 0, 2 мас. %) кількості нанорозмірних частинок карбідів вольфраму в метал, наплавлений з використанням електродугового і електрошлакового процесів. Відмічається, що подрібнення структурних складових наплавленого металу може бути досягнуте введенням частинок тугоплавких з'єднань в зварювальні матеріали або безпосередньо в зварювальну ванну. В процесі зварювання нанодисперсні карбіди вольфраму, минувши високотемпературну (до 8000°C) реакційну зону і не розчиняючись в розплаві зварювальної ванни, переходять в наплавлений метал, що приводить до його модифікування.

Частинки нанопорошків, як модифікатори першого роду, забезпечують прискорене і більш рівномірне затвердіння металу в зварювальній ванні, здійснюють певний вплив на розмір зерен та неметалевих включень.

У роботі [51] вказується, що наявність в зварювальній ванні достатньої кількості неметалевих включень, які зіставні за своїми розмірам з зародками металу, що кристалізується, сприяє формуванню дрібнозернистої первинної структури зварного шва і поліпшенню його механічних властивостей.

Нанодисперсного порошку карбіду вольфраму, який з'єднували з транспортувальним макропорошком нікелю в планетарному млині. Нікелькарбідні гранули, які містили близько 30 мас. % нанокарбідів додавали в порошок дріт, а також з калій – натрієвим рідким склом наносили на поверхню зварювальних

електродів.

Процеси дугового наплавлення здійснювали з подачею порошкового дроту і електродів з покриттям в низькотемпературну частину зварювальної ванни, а також електрошлаковим наплавленням з використанням флюсу АНФ – 6. В результаті зроблено висновок, що найбільш ефективним способом введення нанодисперсних карбідів вольфраму в розплав зварювальної ванни є розміщення карбідів в тонкому поверхневому шарі покриття зварювальних електродів.

У роботі [53] представлений спосіб зварювання із введенням мікрогранул нікелю, що містять нанодисперсні частинки монокарбіду вольфраму, в покриття промислових зварювальних електродів. У процесі зварювання такими електродами мікрогранули з покриттів, частково оплавляючись на границі високотемпературної зони дуги, потрапляють у зварювальну ванну. У результаті відбувається модифікування наплавленого металу, поліпшення ударної в'язкості та твердості металу шва.

Важливим технологічним аспектом є введення наночастинок у зварювальну ванну. У зварювальних процесах температура в зоні дії джерела тепла перевищує температуру плавлення багатьох тугоплавких нанодисперсних сполук, що викликає їх дисоціацію і подальше розчинення продуктів в розплаві зварювальної ванни.

Відомості про вплив нанопорошків на зносостійкість наплавленого металу обмежені, проте наявний досвід використання як наноксидів при плазмовому наплавленні [52], так і нанокарбідів в покритті електродів [54] вказує на перспективність їх застосування в наплавочних процесах.

## **2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ЛІНІЙКИ НАПРАВЛЯЮЧОЇ ПРОКАТНОГО СТАНУ 1680**

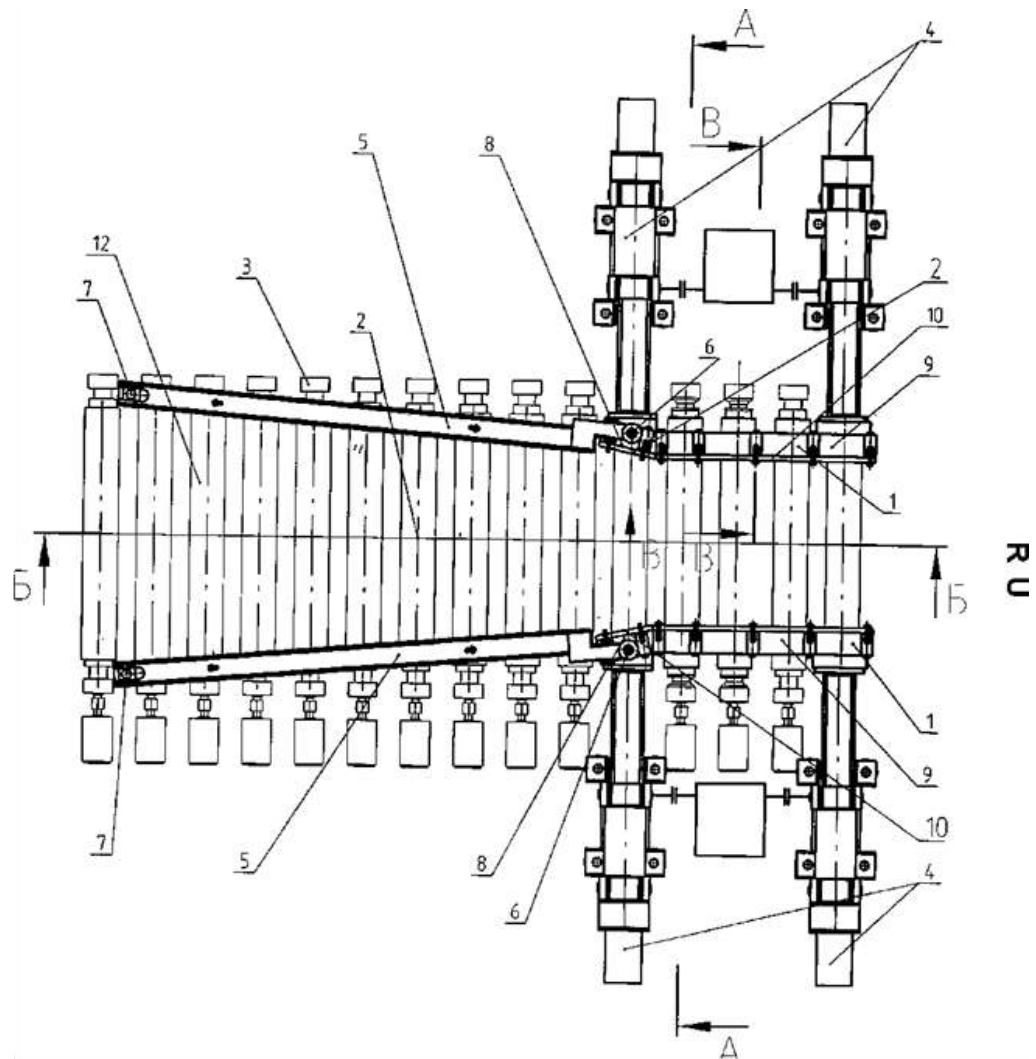
### **2.1 Обладнання, яке використовується для відновлення зношеної деталі**

Пристрій для направлення і центрування листового і смугового прокату відноситься до області прокатного виробництва. У пристрої для направлення і центрування листового і смугового прокату, передбачених центруючі лінійки 1, встановлених симетрично і відносно осі 2 рольганга 3, приводи переміщення 4 центруючих лінійок 1, поворотні напрямні лінійки 5, за допомогою шарніра 6, пов'язаного одним кінцем з центруючими лінійками 1, а другим кінцем з вертикальними осями 7, встановленими по обидва боки рольганга 3. На центруючих лінійках, з боку входу металу виконані скоси, кут нахилу вибраний з умов, що він дорівнює куту нахилу поворотних напрямних лінійок при мінімальній величині архітектури центруючих лінійок.

Дана модель відноситься до області прокатного виробництва, а точніше, до пристроїв для направлення і центрування смугового прокату при подачі його до моталки.

Відомо пристрій для направлення смуги в стані прокатки при змотування в рулон, мають приводні напрямні лінійки, що переміщуються поперек осі прокатки.

Після входу смуги в район лінійок, які встановлені по осі прокатки, лінійки зближують, центрують тим самим смугу по дійсному її положенню.



1 – центруюча лінійка; 2 – ось лінійки; 3 – рольган; 4 – приводи переміщення; 5 – напрямленні лінійки; 6 – шарнір; 7 – вертикальні осі; 8 – скоси; 9 – ділянка центруючої лінійки; 10 – змінні накладки; 11 – направляюча лінійка; 12 – ролик.

Рисунок 2.1 – пристрій для направлення і центрування листового і смугового прокату

Використання цього пристрою не дозволяє отримати бічні кромки смуги від якісного впливу на них лінійок і не дозволяє виключити телескопічність рулону, тому що перші і останні ділянки смуги намотуються на барабан у вільному стані, не орієнтованими лінійками. Крім того, є інтенсивний знос робочих поверхонь лінійок шляхом тертя, тонкого прокатного листа товщиною

від 2,0 мм до 8,0 мм, шириною від 860 мм до 1500 мм, вуглецевих і низьколегованих марок сталі [55].

Недоліком пристрою є те, що форма стику центруючих і поворотних лінійок при переході з одного розміру смуги на інший змінюється. Наприклад, при переході з великим розчином лінійок на менший шлях прокату з'являється уступ, який приводить до появи нештатних ситуацій (складки, забурювання і т.п.). Стик центруючих і поворотних лінійок є робочим і відповідальним місцем, його форма і знос впливає на якість центрування і проходу прокату з лінійки і, відповідно, на якість рулону. Іншим недоліком пристрою відомого є те, що при вході прокату в районі пристрої передній кінець смуги контактує з поворотною лінійкою, яка має в нижній частині вирізи під ролики рольганга. З огляду на те, що лінійки поворотні, вирізи на них виконані подовженими. При попаданні переднього кінця прокату в ці вирізи також виникають нештатні ситуації.

Пропонована корисна модель можна вирішити завдання створення пристрою, що забезпечує надійність роботи і якість намотування рулону.

Для досягнення цілей в пристрої для направлення і центрування лінійного і смугового прокату, передбачені центрувальні лінійки, встановлені симетрично і вздовж осі рольганга, що призводять поперечного переміщення центруючого лінганга, поворотні напрямні лінійки, шарнірно, пов'язані кінцем з центруючими лінійками, на лінійних лінійках з боку входу металу скоси, кут нахилу вибраний з умов, що він змінних кутів нахилу поворотних напрямних лінійок при мінімальній величині центруючих лінійок, центруючі лінійки забезпечені накладними накладками з зовнішніми вирізами під ролики рольганга. А також змінні накладки забезпечені крюковим кріпленням.

Такий пристрій, що забезпечує роботу на мінімальній ширині, дозволяє забезпечити надійність роботи пристрою, використовуючи умови входу однакові, як при роботі на мінімальній ширині, так і при роботі на максимальному діаметрі, що забезпечує надійність роботи пристрою і якість намотування рулону.

Пристрій для направлення і центрування листового і смугового прокату

включає центруючі лінійки 1, встановлені симетрично і обертають осі 2 рольганга 3, що призводять переміщення 4 центруючих лінійок 1, поворотні напрямні лінійки 5 за допомогою шарніра 6 спираються одним кінцем на центруючі лінійки 1, а інші кінцем спираються на вертикальні осі 7, встановлені по обидва боки рольганга 3. На центруючих лінійках 1 з боку входу металу виконані скоси 8, кут нахилу яких вибраний з умов, що він дорівнює числу  $\beta$  нахилу поворотних напрямних лінійок 5 при мінімальній величині діаграми центруючих лінійок 1. Центруючі лінійки 1 мають також пряму ділянку 9. Скоси 8 і ділянку 9 центруючих лінійок 1 забезпечені змінними накладками 10 з вирізами 11 під ролики 12 під ролики 12 3. Змінні роль установки 10 забезпечені також крюковим кріпленням, що складається з повзунів 13 і гвинтів 14. Гаки 15 закріплені на ползунах 13 шарнірно.

Робота пристрою для спрямування і центрування листового і смугового прокату здійснюється наступним чином.

Перед пропуском смуги центруючі лінійки 1 встановлюють в початкове положення. Центруючими лінійками 1 встановлюють розчин більше, ніж ширина надходить прокату від 70 мм до 100 мм на кожную сторону. При надходженні прокату в зоні центр лінійки 1 зближують і присувають до крайок смуги на робочий розчин. Центруючі лінійки 1 за допомогою приводу переміщення 4 встановлюють на відстані від осі прокатки 2, рівному ширини смуги прокату, користь центрування смуги при русі. Поворотні напрямні лінійки 5 направляють передній кінець прокату, якщо він входить в зону пристрою нештатно, тобто з великим зміщенням. Прокат контактує зі змінними накладками 10, встановленими на скосах 8 центруючих лінійок 1. скосити 8 прокат направляється на пряму ділянку 9 центруючих лінійок 1 і центрується. Причому на різних розчинах центруючих лінійок 1 кут контакту кромки прокату центруючих лінійок 1 не змінюється. Це спрощує настройку лінійок на розмір прокату. Стик центруючих лінійок 1 і поворотних напрямних лінійок 5 форма і знос якого впливає на якість центрування і проходу прокату через лінійки і який є основним зачепів, виведений із зони контакту смуги з лінійками.

При зносі змінних накладок 10 на центруючих лінійках 1 змінні накладки 10 легко і швидко замінюють за рахунок простого і надійного крюкового кріплення. При виході прокату із зони лінійок від системи стеження (на кресленні не надсилає) надходить сигнал на переміщення лінійок в початкове положення. Це спрощує настройку лінійок на розмір прокату. Стик центруючих лінійок 1 і поворотних напрямних лінійок 5 форма і знос якого впливає на якість центрування і проходу прокату через лінійки і який є основним забурювачем і зачепів, виведений із зони контакту смуги з лінійками. При зносі змінних накладок 10 на центруючих лінійках 1 змінні накладки 10 легко і швидко замінюють за рахунок простого і надійного крюкового кріплення. При виході прокату із зони лінійок від системи стеження (на кресленні не надсилає) надходить сигнал на переміщення лінійок в початкове положення. Це спрощує настройку лінійок на розмір прокату.

Стик центруючих лінійок 1 і поворотних напрямних лінійок 5 форма і знос якого впливає на якість центрування і проходу прокату через лінійки і який є основним забурювачем і зачепів, виведений із зони контакту смуги з лінійками. При зносі змінних накладок 10 на центруючих лінійках 1 змінні накладки 10 легко і швидко замінюють за рахунок простого і надійного крюкового кріплення.

При виході прокату із зони лінійок від системи стеження (на кресленні не надсилає) надходить сигнал на переміщення лінійок в початкове положення. виведений із зони контакту смуги з лінійками. При зносі змінних накладок 10 на центруючих лінійках 1 змінні накладки 10 легко і швидко замінюють за рахунок простого і надійного крюкового кріплення. При виході прокату із зони лінійок від системи стеження (на кресленні не надсилає) надходить сигнал на переміщення лінійок в початкове положення. виведений із зони контакту смуги з лінійками. При зносі змінних накладок 10 на центруючих лінійках 1 змінні накладки 10 легко і швидко замінюють за рахунок простого і надійного крюкового кріплення. При виході прокату із зони лінійок від системи стеження (на кресленні не надсилає) надходить сигнал на переміщення лінійок в початкове положення.

Даний пристрій забезпечує надійність роботи, так як це дозволить переднього кінця прокату контактувати тільки з центруючою лінійкою, умови входу якого однакові як при роботі на мінімальній ширині розчину лінійок, так і при роботі на максимальній ширині розчину.

Використання цього пристрою дозволяє підвищити якість центрована прокату, так як заявляється пристрій розроблений таким чином виключити рваний, зачеми центрована прокату.

## 2.2 Аналіз існуючої технології відновлення лінійки направляючої

Внаслідок інтенсивного зношування сталі (09Г2С), існує потреба щоденного ремонту (заміни) лінійок.

Ремонт (відновлення) лінійки проводиться за допомогою ручної електродугової наплавлення. Для відновлення деталей, на підприємстві, найчастіше, використовується трансформатор СТШ – 500.

СТШ – 500 трансформатор однофазний одно постовий з шунтовим регулюванням зварювального струму призначений для ручного дугового зварювання та різання низьковуглецевих і низьколегованих сталей покритими електродами. Трансформатор має достатній діапазон зварювального струму для виконання зварювальних робіт.

Таблиця 2.1 – Характеристика зварювального апарату СТШ – 500

|                                     |             |
|-------------------------------------|-------------|
| Напруга живлення                    | 2x380 В     |
| Номінальний зварювальний струм      | 500 А       |
| Тривалість навантаження ПН          | 60%         |
| Діапазон регулювання струму         | 100 – 500 А |
| Діаметр використовуваного електроду | 3 – 8 мм    |

Продовження таблиці 2.1

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| Напруга холостого ходу    | 63 В             |
| Номінальна робоча напруга | 40 В             |
| Споживана потужність      | не більше 38 кВА |
| Габарити                  | 670x665x680 мм   |
| Маса трансформатора       | 200 кг           |

Для відновлення використовують електроди марки АНО – 4 [56].  
Електроди АНО – 4 мають таке позначення (маркування) – Е46 – АНО – 4 – Ø – УД Е 43 0 (2) – Р25, де:

- Е46 – тип електрода для дугового зварювання сталей з межею міцності при розриві до 46 кгс / мм<sup>2</sup>;
- АНО – 4 – марка електрода;
- Ø – діаметр стержня в мм .;
- призначення – У – для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей з межею міцності при розтягуванні до 451 МПа;
- товщина покриття – Д – товсте покриття;
- Е – міжнародне позначення плавиться покритого електрода;
- межа міцності при розтягуванні – 43 – 430 МПа;
- відносне подовження – 0 – менше 20%;
- мінімальна температура, при якій ударна в'язкість металу шва становить не менше 34 Дж / см<sup>2</sup> – 2 – 0° С;
- вид покриття – Р – рутилове;
- просторові положення електрода, при яких здійснюється зварювання – 2 – все, крім вертикального над – вниз;
- зварювальний струм і напруга холостого ходу – 5 – постійний або змінний струм будь – який полярності, напруга холостого струму 70В.

АНО – 4 застосовуються для зварювання рядових і відповідальних конструкцій з вуглецевих і низьколегованих сталей з межею міцності при розтягуванні до 451 МПа (46 кгс / мм<sup>2</sup>).

Технологія відновлення лінійки направляючої заключається у наступному, стропальник застроплює зношену направляючу лінійку. Після чого, за допомогою електромостового крану, лінійку направляючу переносять в зону відновлення деталей. Зношені лінійки направляючі установлюються на підлогу. Зношені зони лінійки направляючої досить глибокі 10 – 15 мм, а ширина їх може досягати 10 мм. Тому кількість валків варіюється 1 – 2, а кількість проходів 2 – 4. d електрода зазвичай складає 5 мм, напругу сварщик обирає на свій розсуд, в залежності від інтенсивності зносу деталі.

### 2.3 Особливості зварювання сталі 09Г2С, та аналіз технології наплавлення лінійки направляючої

Сталь 09Г2С [57] мають гарну зварюваність. Технологія їх зварювання повинна забезпечувати певний комплекс вимог, основними з яких є рівномірного зварного з'єднання з основним металом і відсутність дефектів в зварному шві. Особливо при зварюванні відповідальних конструкцій, шви не повинні мати тріщин, непроварів, пор, підрізів. Геометричні розміри і форма швів повинні відповідати необхідним. Зварене з'єднання повинне бути стійким проти переходу в крихкий стан. Однак технологія повинна забезпечувати максимальну продуктивність і економічність процесу зварювання при необхідній надійності і довговічності конструкції.

У металі шва менше вуглецю для попередження утворення структур гартувального характеру при підвищених швидкостях охолодження. Можливе зниження міцності металу шва, викликане зменшенням вмісту вуглецю, компенсується легування металу через дріт, покриття або флюс марганцем і кремнієм. При зварюванні необхідну кількість легуючих елементів в металі шва забезпечується шляхом їх переходу з основного металу.

Підвищені швидкості охолодження металу шва сприяють збільшенню його

міцності, однак при цьому знижуються пластичні властивості і ударна в'язкість. Це пояснюється зміною кількості і будови перлітної фази. Швидкість охолодження металу шва визначається товщиною зварюваного металу, конструкцією зварного з'єднання, режимом зварювання і початковою температурою. Пластична деформація, що виникає в металі шва під дією зварювальних напружень, також підвищує межу текучості металу шва. Властивості зварного з'єднання залежать не тільки від властивостей металу шва, але і від властивостей основного металу в біляшовній зоні. Структура, а значить і властивості основного металу в біляшовній зоні, залежать від його хімічного складу і змінюються залежно від термічного циклу зварювання.

У процесі виготовлення конструкцій з низьковуглецевих і низьколегованих сталей на заготівельних операціях і при зварюванні в зонах, віддалених від високотемпературної області, виникає холодна пластична деформація. Потрапляючи при накладенні подальших швів під зварювальний нагрівання до температур близько  $300^{\circ}\text{C}$ , ці зони стають ділянками деформаційного старіння, що приводить до зниження пластичних і підвищенню міцності властивостей металу і можливого виникнення холодних тріщин, особливо при низьких температурах або в місцях концентрації напружень. Високий відпустку при  $600 - 650^{\circ}\text{C}$  в цих випадках є ефективним засобом відновлення властивостей металу. Високий відпустку застосовують і для зняття зварювальних напружень. Нормалізації піддають зварні конструкції для поліпшення структури окремих ділянок зварного з'єднання і вирівнювання їх властивостей. Термічна обробка, крім загартування зварних з'єднань в тих ділянках сполуки, які охолоджувалися з підвищеними швидкостями, що призвели до утворення в них не рівноважних структур гартувального характеру (кутові одношарові шви), знижує міцність і підвищує пластичні властивості металу в цих ділянках. Вплив термічної обробки в цьому випадку позначається незначно.

Шви, зварені на низьковуглецевих сталях всіма способами зварювання, володіють задовільною стійкістю проти утворення кристалізаційних тріщин. Це

обумовлено низьким вмістом в них вуглецю [58].

Відновлювальне наплавлення застосовується для отримання первинних розмірів зношених або пошкоджених деталей. У цьому випадку наплавлений метал близький за складом і механічними властивостями основного металу. Наплавлення функціонуючих покриттів служить для отримання на поверхні виробів шару з потрібними властивостями. Основний метал забезпечує необхідну конструкційну міцність. Шар наплавленого металу надає особливих заданих властивостей: зносостійкість, жаротривкість, жароміцність, корозійну стійкість тощо.

Найважливіші вимоги, що ставляться до наплавлення, полягають в наступному:

- мінімальне проплавлення основного металу;
- мінімальне перемішування наплавленого шару з основним металом;
- мінімальне значення залишкових напружень і деформацій металу в зоні наплавлення;
- зниження до прийнятних значень припусків на подальшу обробку деталей.

Способи наплавлення:

- ручне дугове наплавлення покритими електродами;
- дугове наплавлення під флюсом дротами та стрічками;
- дугове наплавлення у захисних газах вольфрамовими (неплавкими) і дровими металевими (плавкими) електродами;
- дугове наплавлення самозахисними порошковими дротами;
- електрошлакове наплавлення;
- плазмове наплавлення;
- лазерне наплавлення;
- електронно – променеве наплавлення;
- індукційне наплавлення;
- газополуменеве наплавлення.

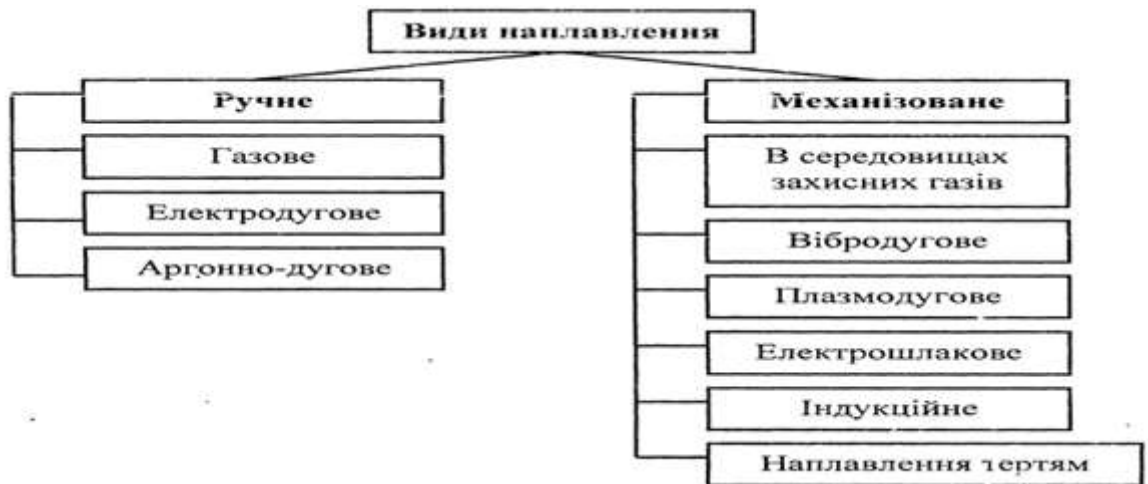


Рис. 2.2 – Класифікація видів наплавлення

Спеціальні властивості наплавленого металу досягаються за рахунок легування, тобто, за рахунок введення в його склад відповідних елементів в необхідній кількості. Найбільш поширеним є легування наплавленого металу за рахунок введення в зону дуги металів, сплавів і неметаловидних з'єднань у вигляді різних карбідів і інтерметалідів.

При дуговому наплавленні плавким або неплавким електродом, у середовищі захисних інертних газів, плазмової електрошлакового наплавленні хімічний склад наплавленого металу за всіма основними легуючими елементами приблизно відповідає хімічному складом електродного матеріалу. Додаткового сталого легування наплавленого металу в результаті металургійних взаємодій наплавленого металу з газовою фазою (наприклад, азотом або киснем, які можна додавати до інертного газу, як правило, аргону) зазвичай досягти не вдається.

Застосування в якості плавиться електрода стрічки вельми доцільно. При цьому зменшується  $\gamma$  0 (менше число шарів дозволяє отримати бажаний склад), послаблюється вплив режиму наплавлення на відносну масу переплавляється шлаку, досягається більш рівна наплавлений поверхню. Як наплавлювальних застосовують зазвичай холоднокатані стрічки товщиною від 0,4 мм до 10 мм і шириною від 20мм до 100 мм, а також стрічки, одержувані прокаткою залитого

в охолоджуванні валки рідкого металу (наприклад, чавуну) і спресовані холодної прокаткою з порошків і додатково спечені – металокерамічні.

При всіх вищевказаних методах легування зміна параметрів процесу наплавлення впливає на рівень легування наплавленого металу. Характер і величина зміни рівня легування залежить від електродного металу і флюсу. Можливість отримання необхідного складу визначається вихідної концентрацією елементів і ступенем засвоєння цих елементів металом на стадіях краплі і ванни.

Вельми різноманітні склади наплавленого металу можуть бути отримані за допомогою порошкових дротів, виготовлених з низьковуглецевої стрічки і сердечника, що складається з суміші металевих порошків або суміші металевих порошків і газоплакообразуючих речовин.

Основною особливістю легування металу при наплавленні порошковим дротом є внутрішнє, щодо електродного металу, розташування легуючих компонентів в осерді дроту. Взаємодія металевих присадок з окислювальними компонентами шихти протікає менш інтенсивно, а шихта сердечника контактує з металом оболонки слабкіше, ніж при наплавленні покритими електродами.

Реалізація процесу прямого легування вимагає введення в ванну необхідної кількості розкислювачів і оксидів легуючих елементів і може привести до зниження температури крапель і ванни, уповільнення і порушення ходу металургійних реакцій і нерівномірного розподілу елементів в валику. При введенні екзотермічної суміші до складу сердечника порошкового дроту з'являється можливість рівномірного розплавлення оболонки і сердечника. Завдяки теплу екзотермічної реакції, конвективному теплообміну з ванною, а також випромінювання здійснюється розплавлення сердечника і запобігає перехід його твердих частинок в ванну.

При дугового наплавленні плавким або не плавиться, у середовищі захисних інертних газів, плазмової, електрошлакового наплавленні хімічний склад наплавленого металу за всіма основними легуючими елементів приблизно відповідає хімічним складом електродного матеріалу. Додаткового сталого

легування наплавленого металу в результаті металургійних взаємодій наплавленого металу з газовою фазою (наприклад, азотом або киснем, які можна додавати до інертного газу, як правило, аргону) зазвичай досягти не вдається.

При використанні дуги з неплавким електродом (вугільним без захисту від повітря або вольфрамовим із захистом інертними газами) легування забезпечується в основному тільки наплавленням і його перемішуванням з основним металом. При ручному процесі можна застосовувати стрижні з дротів суцільного перерізу, литі прутки з недеформованих сплавів (високим вмістом хрому чавуну – сормайт, а також кобальтові сталі типу ВЗК і ін.); порошкові присадки (трубка з сердечником з твердих термічно стійких карбідів – лікар), а також порошкоподібні (розміром від 100 мкм до 750 мкм) і зернисті наплавочні матеріали (сталіт – суміш ферохрому, феромарганцю, чавунної стружки і нафтового коксу).

У ряді випадків механізованої наплавкою аргондугового методом вольфрамовим електродом можна розплавляти укладені на місце наплавлення заготовки наплавочного матеріалу, виконаного у вигляді лиття або з пресованих порошків. При досить добре підбраному режимі наплавлення така наплавочна заготовка (брикет, кільце і ін.), Розплавляючись, нагріває лежачу під рідким металом поверхню до оплавлення, в результаті чого розплав з'єднується з основним металом.

За такою схемою можна отримувати наплавлені шари будь – якої композиції, хоча при цьому необхідно враховувати і можливість утворення тріщин в шарі або по зоні сплаву. Як присадки при аргондугового наплавленні можна використовувати спечені з порошків прутки.

Аналогічно виходить з'єднання і при плазмовому наплавленні при горінні дуги на дроті з наплавленого сплаву (наприклад, мідної або бронзової). В цьому випадку перегрітий метал розплавленої дроту здійснює необхідну теплову підготовку до оплавлення поверхні, не включеної в ланцюг дуги направляючої деталі.

Є плазмотрони, в яких через дугу, палаючу між електродом і соплом плазмотрона, вдувається дрібний порошок (зазвичай з розміром частинок до 100 мкм) наплавляється. Він розплавляючись, перегрівається до необхідної температури і, вступаючи на наплавляється поверхню у вигляді крапель, призводить до оплавлення основного металу і встановленню металевої зв'язку (зварювання) наплавляемого металу з основним. Можливості регулювання хімічного складу наплавляемого металу при таких способах дуже широкі.

При наплавленні метал плавиться в вуглекислому газі і доводиться рахуватися з втратами легуючих елементів за рахунок їх окислення. Легування наплавленого металу досягається в основному вибором відповідного присадочного металу (електродний дріт суцільного перетину, порошкова і ін.) Або застосуванням додаткових наплавлювальних матеріалів (паст, перед наплавленням наносяться на кромки; присадних прутків, порошоків, засипають на поверхню перед наплавленням або вдихається в зварювальну ванну ; додаткових дротів, прутків, що укладаються на поверхню або подаються в зварювальну ванну і ін.).

Наплавлення електродами, що мають спеціальні покриття, дозволяє отримувати досить значне легування через складові електродного покриття (зазвичай вводяться в покриття у вигляді порошоків металів, сплавів або вуглецевих складових) або за допомогою вибору складу металевого стержня електрода.

Перехід легуючих елементів з стрижня і покриття електрода залежить від властивостей елемента (його спорідненості до кисню, температури випаровування та ін.), Від композиції електродного покриття металу стрижня електрода, а також від коефіцієнта маси покриття. Варіюючи склади електродного стрижня, кількість і склад покриття, можна отримати безліч складів наплавленого металу, легованих різними елементами і, отже, що володіють різними властивостями в початковому стані після наплавлення або після наступної термообробки.

При наплавленні покритими електродами склад наплавленого металу досить незначно залежить від режиму наплавлення (головним чином посилюється вигорання вуглецю при значному збільшенні сили зварювального струму і напруги дуги).

Таким чином, в різних випадках при наплавленні необхідно комплексно вирішувати ряд складних питань: вибір матеріалу, що забезпечує властивості відповідають умовам експлуатації; можливість наплавлення цього матеріалу безпосередньо на основний метал деталі або підбір матеріалу для наплавлення підшару; вибір способу і режиму наплавлення, форми і методів виготовлення наплавочних матеріалів, вибір термічного режиму для виконання наплавлення (супутній підігрів для виключення тендітних підкалених зон в металі деталі); інтенсифікації охолодження направляючої деталі, коли для деталі небажано тривале перебування при високих температурах; встановлення необхідності подальшої термообробки (загальною або місцевою) для отримання необхідних експлуатаційних характеристик.

При наплавленні мартенситних і аустенітних сталей на низьковуглецеві або низьколеговані сталі, можливе утворення тендітних прошарків проміжних складів і можливі тендітні руйнування, утворення тріщин, відшаровування шару від основного металу (при наплавленні мідних сплавів на ряд сталей). Тому застосовується ускладнена технологія наплавлення – попередньо наплавляється подслою з іншого наплавочного матеріалу, а потім той матеріал, який потрібно на поверхню наплавляється деталі за умовами її надійної експлуатації. Такий подслою обмежує розвиток дифузійних прошарків, обезкорбовування в вуглецевої сталі і поява карбідної прошарку в більш легованої аустенітної сталі біля лінії сплавлення.

### 3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ЛІНІЙКИ НАПРАВЛЯЮЧОЇ З ПРОЄКТУВАННЯМ ДІЛЬНИЦІ

Для скорочення часу наплавлення та підвищення службових характеристик наплавленого шару, пропонується ручне дугове наплавлення замінити на напівавтоматичне. Для даного процесу, електроди пропонується замінити на порошковий дріт ПП-АН-122 [59].

Самозахисний порошковий дріт марки ПП-АН-122 призначається для наплавки відкритою дугою, а також під флюсом деталей, працюючих в умовах тертя металу об метал при знакоперемінних та ударних навантаженнях. Рекомендується для наплавки у нижньому положенні на постійному струмі зворотної полярності.

Таблиця 3.1 – Зварювально – технологічні особливості

|                                               |                                                           |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Формування наплавленого валика                | добре                                                     |
| Рекомендована марка флюсу                     | АН – 20, АН – 26                                          |
| Відокремленість шлакової корки                | добре                                                     |
| Коефіцієнт наплавки, г/А.ч                    | 10 – 15                                                   |
| Склоність наплавленого металу до появи тріщин | середня                                                   |
| Вихід дроту на 1 кг наплавленого металу, кг   | 1,05 – 1, 2                                               |
| Твердість наплавленого металу                 | після наплавки: HRC 50 – 56<br>після відпалу: HRC 28 – 32 |

Таблиця 3.2 – Рекомендовані режими наплавки самозахисного дроту

| Діаметр дроту, мм | Струм, А  | Напруга, В | Швидкість наплавки, м/год |
|-------------------|-----------|------------|---------------------------|
| 1,6 – 1,8         | 160 – 220 | 23 – 26    | 10 – 15                   |
| 2,0 – 2, 2        | 200 – 260 | 24 – 26    | 15 – 20                   |
| 2,4 – 2,6         | 240 – 300 | 25 – 28    | 20 – 25                   |
| 2,8 – 3,0         | 260 – 360 | 26 – 29    | 20 – 25                   |

Зносостійкість наплавленого металу – підвищена. Опір ударам є приємлевий. Обробка ріжучим інструментом можлива тільки після обжигу. Технологічні особливості При наплавленні на вуглецеві сталі необхідні попередній підігрів деталей до 300 °С. Застосовується при наплавці катків та роликів ходової частини гусеничних машин и т.п.

### 3.1 Вибір обладнання для проведення робіт

Виходячи з параметрів режиму наплавлення (струм, напруга, діаметр дроту) обирається обладнання: Напівавтоматичний трансформатор А-765 з джерелом живлення випрямляч зварювальний універсальний ВДУ-506

Для виконання даних робіт рекомендується застосовувати напівавтоматичний трансформатор А 765 з джерелом живлення випрямляч зварювальний універсальний ВДУ-506.

Найбільш розповсюджений для зварювання самозахисним порошковим дротом отримав спеціалізований шланговий напівавтомат типу А-765 (рис. 3.1).

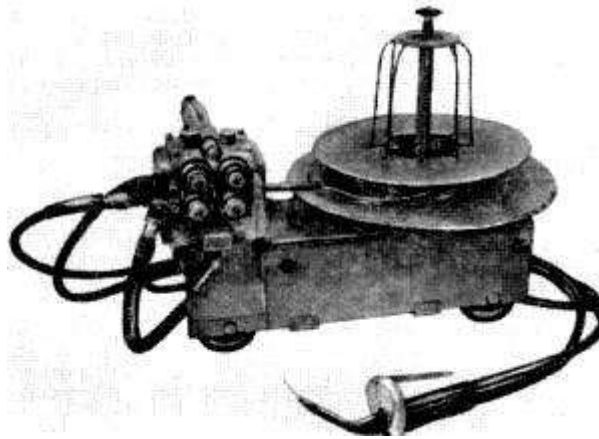


Рисунок 3.1 – Напівавтомат А 765

Він поставляється комплектно зі зварювальним перетворювачем ПСГ-500 або випрямлячем ВС-500. Технічні характеристики представлені в таблиці 3 наступні:

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики напівавтомату А 765

|                                                          |                |
|----------------------------------------------------------|----------------|
| Діаметр дроту суцільного перетину                        | 1,6 – 2,0 мм   |
| Діаметр порошкового дроту                                | 2,0 – 3,5 мм   |
| Максимальний зварювальний струм при ПВ – 60 %            | 450 А          |
| Швидкість подачі дроту                                   | 58 – 582 м/год |
| Число ступенів регулювання                               | 20             |
| Вага порошкового дроту, вміщує на фігурці напівавтомату, | 20 кг          |
| Габарити напівавтомату                                   | 760x500x550 мм |

Напівавтомат А – 765 складається з трьох основних вузлів – механізму подачі, держателя зі шлангом і візки з фігуркою.

Механізм подачі приводиться в рух асинхронним двигуном АОЛ-12-2 потужністю 0, 27 кВт. Харчування двигуна (36 в) здійснюється від шафи управління, вбудованого в випрямляч ВС – 500. Коли напівавтомат комплектується перетворювачем ПСГ – 500, шафа управління виноситься

окремо. На механізмі подачі встановлені перемикач, який здійснює реверсування двигуна, кнопка для включення подачі дроту при її заправці в утримувач і штепсельної вилки для приєднання проводів управління. Механізм подачі з'єднується з шафою керування гірляндою проводів з двома штепсельними роз'ємами. Включається механізм подачі натисканням кнопки «пуск» на утримувачі. Для надійної подачі дроту по шлангу механізм подачі напівавтомата оснащений двома парами роликів. Всі чотири ролика ведучі. Швидкість подачі змінюється змінними шестернями. Встановлюється вона за такою залежністю:

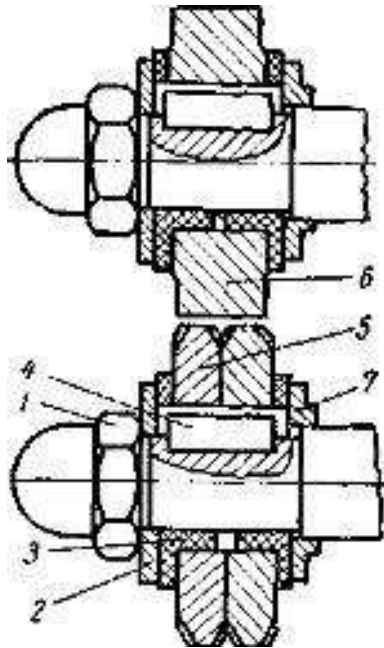
$$V_{\text{п.э}} = \frac{Z_a}{Z_b} 183 \quad (3.1)$$

де  $V_{\text{п.э}}$  – швидкість подачі дроту, м/год;

$Z_a$  – число зубів ведучої шестірні;

$Z_b$  – число зубів веденої шестерні.

При налаштуванні напівавтомата, слід особливу увагу приділяти правильності складання вузла роликів. Подають ролики ізольовані від валиків і корпусу механізму подачі. Вузол збірки роликів показаний на рис.3.2, а нижній ролик – на рис. 3.3.



1 – гайка; 2 – шайба; 3 – втулка (прес – матеріали); 4 – шпонка (текстоліт); 5 – нижній ролик (сталь ХВГ); 6 – верхній ролик (сталь ХВГ); 7 – кільце.

Рисунок 3.2 – Вузол збірки роликів напівавтомата А-765

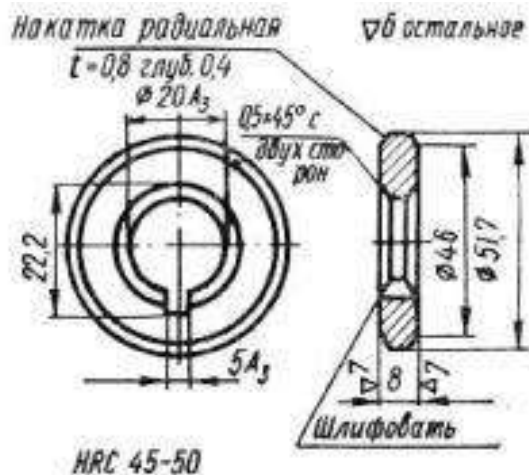
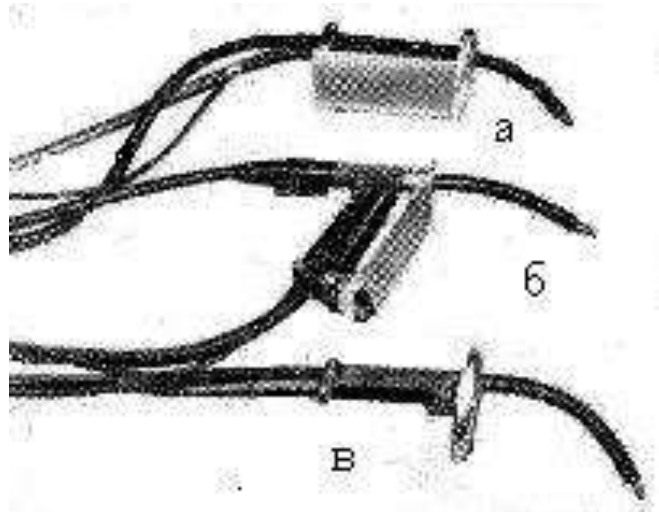


Рисунок 3.3 – Нижній ролик механізму подачі напівавтомата А-765 для дроту діаметром від 2,5 мм до 2,8 мм

Вибір нижніх роликів, відповідних діаметру дроту, виробляють по таблиці, розташованій на механізмі подачі. Дріт подається по спеціальному

направляючим каналу. Зварювальний струм підводиться по окремому кабелю. Напівавтомат А-765 комплектується трьома видами власників молотковим тримачами (А-792М), пістолетним (А-793М) і полегшеним (А-836Р) (рис. 3.4).



а – молотковий; б – пістолетний; в – полегшений молотковий.

Рисунок 3.4 – Тримачі для зварювання самозахисного порошковим дротом

Молотковий і пістолетний власники комплектуються направляючими каналами довжиною від 1,5 м до 3,5 м, що мають внутрішній діаметр 4,7 мм, і зварювальним проводом, розрахованим на силу струму до 450 А. Тримач полегшеного типу комплектується напрямним каналом довжиною 3,3 м з внутрішнім діаметром 3,2 мм. Зварювальний дріт цього власника розрахований на струм до 300 А.

Тримачі молоткового і пістолетного типів використовуються при зварюванні дротом діаметром від 2,5 мм до 3,5 мм. Держателем полегшеного типу виконується зварювання дротами малого діаметра від 2,0 мм до 2,3 мм.

Напівавтомат А-765 можна використовувати для зварювання порошковим дротом в вуглекислому газі. У цьому випадку він комплектується тримачами А-921М (для дроту діаметром до 2,3 мм) або А-+1231 (для дроту діаметром до

3,5 мм) і набором газової апаратури, що включає підігрівач газу, газовий редуктор, прилад для вимірювання витрати газу, осушувач газу.

Випрямляч зварювальний універсальний ВДУ-506 призначений для ручного дугового зварювання покритими електродами на постійному струмі, комплектації напіваавтоматів і автоматів для зварювання виробів зі сталі в середовищі захисних газів на постійному струмі. Є регульованим тиристорним випрямлячем з жорсткою або падаючою зовнішньою характеристикою.

Відмінністю від версії ВДУ-506 С є класичне побудова і відсутність комбінованої вольт амперної характеристики в режимі напіваавтоматичного зварювання.

Випрямляч має наступні основні технічні рішення:

- Плавне регулювання зварювального струму в режимі ММА і зварювальної напруги в режимі MIG / MAG;
- Спеціальна комбінована зовнішня вольт – амперна характеристика;
- Можливість попереднього встановлення напруги на дузі при напіваавтоматичному зварюванні;
- Наявність розетки 36 В для живлення підігрівача газу;
- Захист від теплового перевантаження;
- Швидкоз'ємні, безпечні струмові роз'єми;
- Клас ізоляції II.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики випрямляча універсального ВДУ-506

|                                           |                          |
|-------------------------------------------|--------------------------|
| Напруга живлення                          | 3x380 В                  |
| Номинальна споживана потужність           | 34 кВА                   |
| Частота живлення мережі                   | 50 Гц                    |
| Номинальна потужність струму, (ПВ, ПН, %) | 500 (60) А               |
| Межі регулювання зварювального струму     | 60 – 500 А<br>50 – 500 А |

Продовження таблиці 9

|                                                                            |                        |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Робоча потужність:<br>– жорсткі характеристики<br>– падаючі характеристики | 18 – 50 В<br>22 – 46 В |
| Напруга холостого ходу, не більше                                          | 85 В                   |
| Діаметр штучних електродів                                                 | 2 – 6 мм               |
| Споживаюча потужність не більше                                            | 34 кВА                 |
| Маса, не більше                                                            | 290 кг                 |
| Габарити                                                                   | 830x420x1080 мм        |

### 3.2 Вибір підйомно-транспортного устаткування

За допомогою підйомно-транспортного устаткування в складально-зварювальному виробництві виконується: завантаження, транспортування, розвантаження, а також кантування заготовок, деталей, зварних вузлів і готових виробів на всіх стадіях технологічного процесу.

Для подавання та переміщення вантажів та обладнання по цеху, а також для перевезення готового бруса запобіжного до місця контролю якості, і потім до складу готової продукції використовувати електричний однобалочний мостовий кран вантажопід'ємністю 3 т згідно ISO 4301.

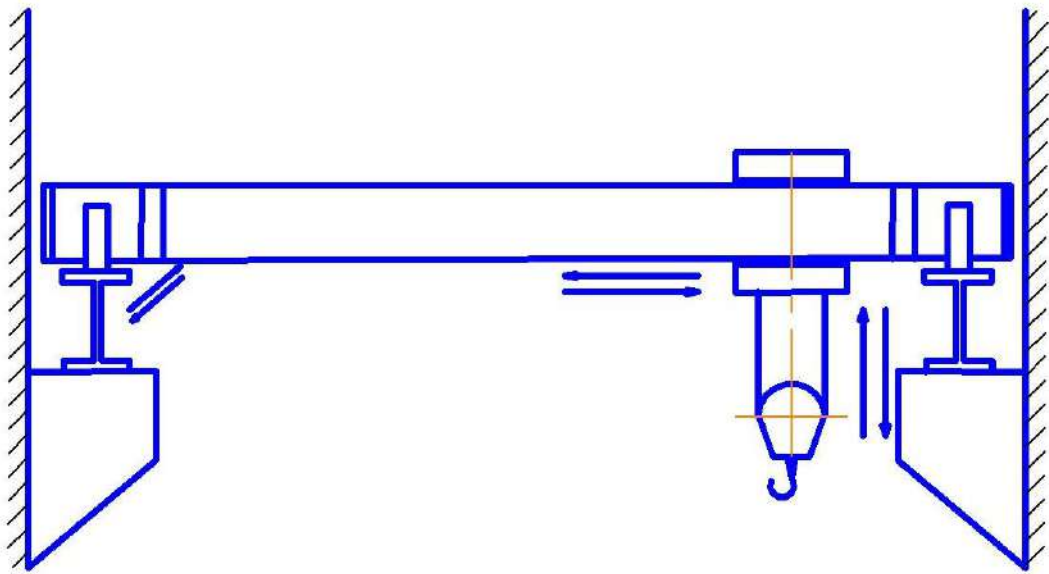


Рисунок 3.5 – Однобалочний мостовий кран

Мостові крани є універсальним і найбільш поширеним ПТО, обслуговуючим практично всю площу прольотів виробничих цехів, складів матеріалів і устаткування. Вантажозахисними пристроями мостових кранів служать крюки, електромагнітні і вакуумні траверси. В однобалочних кранах, як правильно застосовується електроталь (кран – балки).

Мостові крани із рухомим візком обслуговують всю площу цехового прольоту за винятком (метрової зони) вздовж стін цеху (від 10 % до 20 % площі прольоту), на яку кран не може подати свій вантажозахисний пристрій.

На ділянці складання та зварювання бруса запобіжного передбачається кран балка вантажопід'ємністю 1 т, яка використовується для транспортування деталей та вузлів виробу між складськими та робочими місцями під час технологічного процесу складання та зварювання. Кран балка рухається по монорельсу розташованому на підлозі цеху.

### 3.3 Організація енерго- та газопостачання

Витрати на електроенергію для зварювання складають від 70 % до 75 % загальних витрат електроенергії на виробництво.

Встановлення певної потужності зварювального електроустаткування  $S_{ЗАГ}$  визначається по формулі:

$$S_{ЗАГ} = S_{P1} + S_{P2} + S_{P3} + \dots, \quad (3.2)$$

де  $S_{P1}, S_{P2}, S_{P3}$  – сумарні потужності груп споживачів одної характеристики.

Повна потужність кожної з вказаних груп споживачів визначається по формулі:

$$S_P = \frac{\sum P_P \cdot K_C}{\cos \phi}, \quad (3.3)$$

де  $\sum P_P$  – сумарна активна потужність споживачів однієї групи.

$K_C$  – коефіцієнт попиту, який залежить від завантаження зварювально – термічного устаткування

$\cos \phi$  – середній коефіцієнт потужності електроприймачів даної групи при їх експлуатації.

Після проведення розрахунків і встановлення споживчої потужності на зварювальні роботи визначається число комплексних трансформаторних пунктів (КТП).

Трансформатори для зварювальних установок можна підключати спільно

з іншими споживачами, але за умови, що сумарна потужність зварювальних апаратів буде не менше 80 % загальної потужності споживачів.

Для організації соціалізованого електроживлення устаткування, його необхідно розміщувати в зоні виробництва зварювальних робіт з застосуванням електророзводок.

Для підключення зварювального устаткування до електромережі високої напруги застосовувати мідні дроти та алюміній різних марок.

Поперечна площа дротів підбирається зі справ очних даних залежності від величини і частоти робочого струму.

Орієнтований розрахунок ведеться за формулою:

$$S = \frac{\ell}{j}, \quad (3.4)$$

де  $S$  – площа поперечного перерізу дроту, мм<sup>2</sup>;

$\ell$  – величина робочого струму, А;

$j$  – допустима щільність струму, А/мм<sup>2</sup>

Після цього дроти перевіряють на величину падіння напруги, з напругою в мережі, від 220 В до 380 В складає 5 %.

Газопостачання:

Доставка захисної суміші газів МИКС – 1 може здійснюватися наступним чином:

- постачання в балонах ємністю 10 л, 20 л, 40 л, 50 л під тиском від 15 МПа до 20 МПа;
- централізованим способом живлення постів механізованого зварювання від рампи.

Способи постачання захисної суміші газів МИКС – 1 визначаються по об'єму робіт.

### 3.4 Опис плану дільниці

На дільниці для складання та відновлення лінійок направляючих знаходиться склад лінійок направляючих, два місця складання, місце відновлення, місце контролю, склад готової продукції.

Біля місць складання та відновлення знаходиться випрямляч ВДГ – 506 з напівавтоматом А – 765 і балон з суміщу газів МИКС – 1.

Через всю дільницю проходить електромережа в 380 В і 220 В, мережа питної води, мережа технічної води, мережа стиснутого повітря, мережа вуглекислого газу і кисню.

Дільницю обслуговує однобалочний мостовий кран вантажопід'ємністю 3 т і кран – балка вантажопід'ємністю 1 т. Вздовж всієї дільниці проходить піший прохід.

Дільниця знаходиться в цеху з прольотом 12 м і відстанню між колонами, та передбачений пожежний щит, вогнегасник, фонтанчик питної води.

#### 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ЗВАРЮВАЛЬНОЇ ДІЛЬНИЦІ

Ідея дослідження полягає у вдосконаленні існуючого методу відновлення лінійки направляючої прокатного стану 1680. Опис даної ідеї наведений у табл.4.1

Таблиця 4.1 – Опис ідеї

| Зміст ідеї                                                                       | Напрямки застосування               | Вигоди для споживачів<br>(користувачів) |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|
| Відновлення лінійки<br>направляючої за допомогою<br>напівавтоматичної зварювання | 1. Відновлення деталей              | Зменшення часу ремонту                  |
|                                                                                  | 2. відновлення<br>металоконструкцій | Зменшення затрат на ремонт              |

Перехід на відновлення за допомогою напівавтоматичною сваркою, зменшить затрати часу на ремонт обладнання, а також підвищить якість відновленої деталі, ніж за допомогою ручного наплавлення. Також відновлення деталей є дешевшим ніж нова.

Характеристика потенційного ринку наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Попередня характеристика потенційного ринку

| № | Показники стану ринку (найменування)                     | Характеристика                            |
|---|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1 | Головні конкуренти (заводи – виробники даних деталей)    | Виготовлення нових<br>деталей             |
| 2 | Динаміка ринку (якісна оцінка)                           | Стабільна                                 |
| 3 | Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень) | Капітал на закупівлю<br>нового обладнання |
| 4 | Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації      | Перекваліфікування<br>працівників         |

Характеристика потенційних клієнтів наведена в табл. 4.3

Таблиця 4.3 – Попередня характеристика потенційних клієнтів

|                                                                   |                          |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Потреба, що формує ринок                                          | Дешеві та якісні деталі  |
| Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)                        | Заводи – виробники       |
| Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів | відсутні                 |
| Вимоги споживачів (користувачів)                                  | Підвищена зносостійкість |

Нами, був проведений аналіз середовища реалізації інноваційного проєкту (табл. 4.4)

Таблиця 4.4 – SWOT – аналіз

|                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сильні сторони:                                                                                                                                                                                                                                                                            | Слабкі сторони:                                                                                                                                                                                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Використання зносостійкі матеріалів;</li> <li>– витрачання оптимального часу на ремонт;</li> <li>– високий рівень якості ремонтних робіт;</li> </ul>                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– відсутність високотехнологічного обладнання;</li> <li>– некваліфіковані робітники;</li> <li>– вірогідність сильної конкуренції зі сторони закордонних фірм.</li> </ul> |
| Можливості:                                                                                                                                                                                                                                                                                | Загрози:                                                                                                                                                                                                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– можливість подальшого розвитку зносостійкості деталі;</li> <li>– можливість збільшення пропозиції для інших підприємств;</li> <li>– можливість використання технології для інших деталей, що працюють в умовах абразивного зношування.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– сильна конкурентна боротьба;</li> <li>– падіння ціни на нові деталі;</li> <li>– збільшення вартості сировини.</li> </ul>                                               |

Опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

| Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів                                   | Готовність споживачів сприйняти продукт | Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту) | Інтенсивність конкуренції в сегменті       | Простота входу у сегмент       |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|
| Підприємства, які потребують постійного ремонту деталей, які інтенсивно зношуються | Висока                                  | Великий попит                                       | На даний момент низький рівень конкуренції | Необхідність нового обладнання |
| Які цільові групи обрано: ПАТ «Запоріжсталь»                                       |                                         |                                                     |                                            |                                |

З метою відображення взаємозв'язків стейкхолдерів на Kartі видокремлено три концентричних області, в яких розміщено всіх зацікавлених осіб інноваційного проєкту за можливостями впливу на них ініціатора проєкту. Область внутрішніх стейкхолдерів – область повноважень/відповідальності ініціатора. Внутрішні зацікавлені сторони знаходяться в прямій підлеглості ініціатора, що дозволяє використовувати досить прості методи адміністрування проєкту.

Залежні зацікавлені сторони формально ініціатору проєкту не підлеглі, проте тісні ділові стосунки потребують на пошук взаємовигідних рішень та компромісів. На периферії ж знаходяться зовнішні зацікавлені сторони. Це область стейкхолдерів опосередкованого впливу на успішність реалізації інноваційного проєкту. Приклад Kartи стейкхолдерів подано на рис. 4.1



Рисунок 4.1 – карта стейкхолдерів

#### 4.1 Організація ділянки по відновленню лінійки направляючої

Одним із найважливіших завдань організації виробництва є забезпечення найменшої тривалості виробничого процесу, тобто циклу виготовлення продукції.

При нормуванні заготівельних робіт, робіт зі зварювання потрібно брати до уваги серійний характер виробництва, який впливає на структуру норми часу.

Норми часу на процес виготовлення зразків для випробувань зварювальних матеріалів представлені в табл. 4.6

Таблиця 4.6 – Технічне нормування операцій за новою технологією

| Найменування операцій        | Норма штучного часу, з старим обладнанням<br>н/год | Норма штучного часу, з новим обладнанням<br>н/год |
|------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Складання                    | 0,08                                               | 0,08                                              |
| Ручне зварювання             | 1,46                                               | –                                                 |
| Напівавтоматичне зварювання  | –                                                  | 0,34                                              |
| Підготовчо завершальний час  | 0,08                                               | 0,08                                              |
| Норма часу на одиницю виробу | 1,62                                               | 0,5                                               |

#### 4.2 Виробнича програма і її матеріальне забезпечення

Основою для розрахунку ділянки з виготовлення зразків для випробувань зварювальних матеріалів є виробнича програма в штуках.

У данному дипломному проєкті приймаємо виробничу програму з виготовлення зразків для випробувань зварювальних матеріалів рівною 8370 зразків. (табл. 4.7)

Таблиця 4.7 – Виробнича програма зразків за рік

| Найменування виробу | Норма часу на виріб, н/год | Виробнича програма |       |
|---------------------|----------------------------|--------------------|-------|
|                     |                            | штук               | н/год |
| Лінійка направляюча | 0,5                        | 8370               | 3600  |

Таблиця 4.8 – Розрахунок потреби в матеріалах, і їх вартість

| Найменування матеріалу | Норма витрати |                 | Ціна за 1 кг матеріалу, грн | Вартістьна програму, грн |
|------------------------|---------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|
|                        | На виріб, кг  | На програму, кг |                             |                          |
| Дріт ПП – АН – 122     | 1,42          | 11885,4         | 86                          | 1022144,4                |
| Всього                 |               |                 |                             | 1022144,4                |

Транспортні витрати складають 10% від вартості виробів – 102214,4грн.

Балансова вартість матеріалів з урахуванням транспортних витрат складає 1124358,8 грн

#### 4.3 Розрахунок кількості обладнання та площі ділянки

На даній виробничій ділянці двозмінний режим роботи при п'ятиденному робочому тижні – 80 годин. Тривалість робочої зміни 8 годин.

Номінальний фонд часу роботи обладнання для двозмінний режиму роботи прийнятий 4000 годин.

Ефективний (дійсний) фонд часу роботи обладнання за рік визначається за формулою:

$$F_{\text{еф}}^{\text{об}} = F_{\text{ном}} \cdot (1 - K_{\text{в}}) = 4000 \cdot (1 - 0,1) = 3600 \text{ год} \quad (4.1)$$

де  $F_{\text{ном}}$  – номінальний фонд часу роботи устаткування;

$K_{\text{в}}$  – коефіцієнт витрат часу на ремонт та обслуговування обладнання;

$$K_B = 0,1.$$

До складу основних фондів ділянки входять устаткування, будівлі, цінний інструмент і пристосування.

Розрахунок кількості одиниць устаткування певного типу робиться по формулі:

$$C_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i N_i}{F_{эф.}^{об}} \quad (4.2)$$

де  $m$  – кількість видів робіт;

$t_i$  – норма часу  $i$  – ой операції, год;

$N_i$  – річна програма  $i$  – го виробу, шт;

$F_{эф.}^{об}$  – ефективний фонд роботи устаткування за рік, год.

Розрахунок кількості обладнання для наплавки:

Коефіцієнт завантаження устаткування  $K_{зав.} = 0,85/1 = 0,85$

для напівавтоматичної складальної, операції

Коефіцієнт завантаження устаткування  $K_{зав.} = 0,4/1 = 0,4$

Таблиця 4.9 – Розрахунок кількості устаткування, його вартості

| Найменування операцій | Устаткування      | Кількість устаткування, шт | Коефіцієнт завантаження, $K_z$ | Ціна устаткування за прейскурантом, грн | Потужність двигунів кВт/год |
|-----------------------|-------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|
| Відновлення           | Напівавтомат А765 | 1                          | 0,85                           | 30000                                   | 27,0                        |
| Складання             | Кран консольний   | 1                          | 0,4                            | 50000                                   | 4,0                         |
|                       | Всього            |                            |                                | 80000                                   | 31,0                        |

Таблиця 4.10 – Основні фонди ділянки їх структура і амортизаційні відрахування

| Групи основних фондів | Балансова вартість, грн | Термін експлуатації (роки) | Річні амортизаційні відрахування, грн |
|-----------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| Будівлі               | 2160000                 | 45                         | 48000                                 |
| Споруди               | 540000                  | 30                         | 18000                                 |
| Устаткування          | 64570                   | 15                         | 4304,6                                |
| Інструмент            | 193700                  | 5                          | 38740                                 |
| Інвентар              | 34914                   | 3                          | 11638                                 |
| Загалом               | 2993184                 |                            | 120682,6                              |

#### 4.4 Розрахунок кількості персоналу ділянки

Чисельність основних працівників на нормованих роботах ділянки по кожній професії визначається по формулі:

$$Ro = \frac{\sum_{i=1}^m t_i N_i}{F_d^p K_{BH}}, \quad (4.3)$$

де  $m$  – кількість видів робіт;

$t_i$  – норма часу  $i$  – ой операції, год;

$N_i$  – річна програма  $i$  – го виробу шт;

$K_{BH} = 1,05$  – коефіцієнт виконання норм вироблення;

$F_{эф}^p$  – ефективний фонд роботи робітника в рік визначається по формулі

$$F_d^p = F_{ном} (1 - h) \text{ ч}, \quad (4.4)$$

$$F_d^p = 3720 \text{ год}$$

Розрахунок кількості працівників:

– кількість робітників навідрізню операцію :

$$Ro = \frac{\sum_{i=1}^m t_i N_i}{F_d^p K_{BH}} \quad (4.5)$$

– кількість робітників на складальну операцію:

$$Ro = \frac{0,16 \cdot 8370}{3720 \cdot 1,05} = 0.34 \text{ чол}$$

– кількість робітників на операцію відновлення:

$$Ro = \frac{0,34 \cdot 8370}{3720 \cdot 1,05} = 0.73 \text{ чол}$$

На підставі розрахунків можна зазначити, що робітники за вище зазначеними операціями є не завантаженими в повному обсязі. Це відповідає сучасній ситуації багатьох підприємств. Тому було б доцільно використовувати сумісництво операцій.

Чисельність допоміжних робітників визначається по нормах обслуговування і по робочих місцях. Для ділянки необхідно: 2 наладчики, 2 електрик – ремонтники Але в нашому випадку приймаємо 1 зварника, 2 слюсара. та 1 та контролера.

Визначення потреби в ІТР робиться на підставі структури управління : 1 інженер – технолог, 2 майстри.

Для забезпечення належного протікання технологічного процесу зварювання потрібно робітників відповідних кваліфікацій. Загальна чисельність персоналу приведена в таблиці 20

Таблиця 4.11 – Загальна чисельність персоналу

| Категорії робітників | Кількість,<br>чоловік | Розряд | Середній<br>розряд | Вихід в зміну |   |
|----------------------|-----------------------|--------|--------------------|---------------|---|
|                      |                       |        |                    | 1             | 2 |
| Основні робочі:      |                       |        |                    |               |   |
| – складання          | 2                     | 5      | 5                  | 1             | 1 |
| – відновлення        | 2                     | 5      | 5                  | 1             | 1 |
| Всього               | 4                     |        |                    | 2             | 2 |
| Допоміжні робочі     | 2                     |        |                    | 1             | 1 |
| Всього               | 2                     |        |                    | 1             | 1 |
| Майстер              | 2                     |        |                    | 1             | 1 |
| Технолог             | 2                     |        |                    | 1             | 1 |
| Разом                | 10                    |        |                    | 5             | 5 |

#### 4.5 Фонд оплати праці

Сума заробітної плати, яка виплачується працівникам підприємства, утворює фонд заробітної плати. Фонд заробітної плати розраховується згідно з прийнятими формами і системами оплати праці. Цей показник розраховується окремо по кожній групі працівникам, і в цілому по ділянці.

Річний фонд зарплати складається з тарифного фонду доплат, і премій. Тарифний фонд заробітної плати основних працівників – відрядників розраховується по формулі:

$$Z_{\text{відрядників}} = N_i \sum_{i=1}^n P_i, \quad (4.6)$$

де  $N_i$  – річна виробнича програма, шт;

$n$  – кількість операцій технологічного процесу;

$P_i$  – розцінка на операцію розраховується по формулі:

$$P_i = c_i \cdot t_i,$$

(4.7)

де  $c_i$  – годинна тарифна ставка відповідного розряду, грн;

$t_i$  – норма часу на операцію, год.

Розрахунок розцінок введений в таблиці 4.12

Таблиця 4.12 – Розрахунок розцінок за операціями

| Операція                  | Норма часу,<br>год | Розряд | Годинна тарифна<br>ставка, грн. | Розцінка, грн. |
|---------------------------|--------------------|--------|---------------------------------|----------------|
| Складальник               | 0,16               | 5      | 55                              | 8,8            |
| Зварник<br>напіваавтомата | 0,34               | 5      | 60                              | 20,4           |
| Всього                    |                    |        |                                 | 29, 2          |

Тарифний фонд заробітної плати основних працівників складає:

$$З_{\text{сд.}} = 29, 2 \cdot 8370 = 244404 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна основних робітників, премії з фонду зарплати 60 %

$$З_{\text{доп}} = 28653, 21 \cdot 0,6 = 146642,4 \text{ грн.}$$

Премії з прибутку 15% від фонду зарплати

$З_{\text{прем}} =$  Річний фонд заробітної плати основних робітників.

$З_{\text{год}} =$  Тарифний фонд заробітної плати допоміжних працівників погодинників визначається по формулі:

$$З_{всп} = C_1 \cdot K_{тар.сред.} \cdot Fp_{эф.} \cdot R_{вспом} \quad (4.8)$$

де  $C_1$  – годинна тарифна ставка першого розряду, грн;

$R_{вспом}$  – чисельність допоміжних працівників, чол;

$K_{тар.сред.}$  – середній тарифний коефіцієнт.

$$K_{тар.сред.} = \frac{\sum_{i=1}^m ki Ri}{R_{вспом}}, \quad (4.9)$$

де  $m$  – количество разрядов вспомогательных работников, чол;

$k_i$  – тарифный коэффициент  $i$  – ого разряд;

$R_i$  – кількість допоміжних працівників  $i$  – ого розряду;

$R_{вспом}$  – кількість допоміжних робітників  $i$  – ого розряду.

$$K_{тар.сред.} = \frac{1,7 \cdot 2 + 1,5 \cdot 2 + 2 \cdot 1,7}{6} = 1,63$$

$$З_{всп} = 10,5 \cdot 1,63 \cdot 3720 \cdot = 63667,8 \text{ грн.}$$

Заплановані доплати і премії – 50 % від тарифного фонду:

$$63667,8 \cdot 0,5 = 31833,9 \text{ грн}$$

Премії з прибутку:

$$95500,9 \cdot 0,15 = 14325,135 \text{ грн.}$$

Річний фонд заробітної плати допоміжних працівників складає:

$$63667,8 + 31833,9 + 14325,135 = 109826,94 \text{ грн.}$$

Розрахунок фондів заробітної плати керівників і фахівців приведена в таблиці 4.13. Звідна відомість фонду заробітної плати усіх категорій працюючих, чисельність працівників і їх середня зарплата в таблиці 4.14

Таблиця 4.13 – Розрахунок фондів заробітної плати ІТР

| Посада   | Чисельність, чол | Місячний оклад, грн | Сума місячних окладів, грн | Річний фонд, грн |
|----------|------------------|---------------------|----------------------------|------------------|
| Майстер  | 2                | 8500                | 17200                      | 206400           |
| Технолог | 2                | 6600                | 13200                      | 158400           |
| Всього   | 4                | —                   | —                          | 364800           |

Таблиця 4.14 – Звідна відомість оплати праці

| Категорія персоналу       | чисельність<br>Чол. | Фонд зарплати, грн.    |           |                | Середня.<br>місячна.<br>зарплата | Відрахування<br>на соц.<br>страхування, |
|---------------------------|---------------------|------------------------|-----------|----------------|----------------------------------|-----------------------------------------|
|                           |                     | Основні<br>тарифікації | Додаткові | Річний<br>фонд |                                  |                                         |
| Основ.вироб.<br>робітники | 4                   | 244404                 | 146642,4  | 391046,4       | 8146,8                           | 86030, 2                                |
| Допоміжні                 | 2                   | 63667,8                | 46159,1   | 109826,9       | 4576,1                           | 24161,9                                 |
| Керівник<br>ІТР           | 4                   | 364800                 | 182400    | 547200         | 11400                            | 120384                                  |
| Всього                    | 10                  |                        |           | 1048073,3      | 24122,9                          | 230576,1                                |

#### 4.6. Розрахунок собівартості зварювальних робіт

Собівартість продукції річного випуску визначається усіма витратами ділянки протягом року по наступних статтях прямих і непрямих витрат.

А. Прямі витрати:

Стаття 1

Основні і допоміжні матеріали – 1022144,4 грн;

Стаття 2

Тарифна заробітна плата основних працівників – 244404 грн;

Стаття 3

Доплати, допоміжна зарплата, премії – 146642,4 грн;

Стаття 4

Нарахування на соціальне страхування – 86030, 2 грн;

Стаття 5

Паливо і енергія на технологічні цілі

$$З_{\text{эн.}} = C \cdot W \cdot t_{\text{шт.}} \cdot N = 2,68 \cdot 31 \cdot 0,27 \cdot 8370 = 187752,49 \text{ грн.}$$

(4.10)

Б. Непрямі витрати:

– витрати на зміст і експлуатацію устаткування;

– загальновиробничі витрати.

Таблиця 4.15 – Калькуляція собівартості зварювальних робіт

| Найменування статей витрат                                      | Витрати, грн        |                                  |                                   |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
|                                                                 | на основну програму | На одиницю, за новою технологією | На одиницю, за старою технологією |
| Допоміжні і основні матеріали                                   | 1022144,4           | 122,12                           | 460                               |
| Тарифна заробітна плата основних працівників                    | 244404              | 29, 2                            | 109,99                            |
| Доплати, додаткова заробітна плата, премії основних працівників | 146642,4            | 17,52                            | 65,99                             |
| Нарахування на соц. страх.                                      | 86030, 2            | 10, 27                           | 38,71                             |
| Витрати на утримання і експлуатацію устаткування                | 1462800             | 174,77                           | 658,32                            |
| Загальновиробничі витрати                                       | 1097100             | 131.1                            | 493,74                            |
| Електроенергія на технологічні цілі                             | 187752,5            | 22,42                            | 84,5                              |
| Всього загальновиробнича собівартість                           | 3346873,5           | 507,4                            | 1911, 25                          |

Відносні показники рахуємо по таких формулах:

Фондовіддача:

$$\Phi_{\text{отд}} = \frac{C_{\text{п}} - C_{\text{м.п.}}}{\Phi_{\text{осн.}}} \quad (4.11)$$

де  $C_{\text{п}}$  – повна собівартість продукції за рік;

$C_{\text{м.п.}}$  – вартість напівфабрикатів і матеріалів

$\Phi_{\text{осн.}}$  – вартість основних фондів.

$$\Phi_{\text{отд}} = 8,8$$

Продуктивність роботи одного працівника:

$$\Theta = \frac{C_{\text{п}} - C_{\text{м.п.}}}{\sum K} \quad (4.12)$$

де  $\sum K$  – кількість робітників.

$$\Xi = 3346873,5 / 10 = 334687,35 \text{ грн/чол.}$$

Фондомісткість:

$$\Phi_{\text{ем}} = \frac{\Phi_{\text{осн.}}}{C_{\text{п}} - C_{\text{м.п.}}} \quad (4.13)$$

Визначення економічного ефекту від впровадження нової технології відновлення лінійки направляючої. Критерієм економічної ефективності рішень, що приймаються, є приведені витрати. Економічно – ефективним виступає той варіант, по якому приведені витрати будуть найменшими. Розрахунок економічного ефекту для устаткування довготривалого використання робиться по формулі:

$$Z_1 = C_1 + \Xi_{\text{н}} \cdot K_{1 \text{ пит}} \quad (4.14)$$

де  $C_1$  – собівартість одиниці продукції по базовому варіанту, грн.;

$Z_2$  – приведені витрати одиниці продукції по новому варіанту, грн.

$$Z_2 = C_2 + \Xi_{\text{н}} \cdot K_{2 \text{ пит}} \quad (4.15)$$

де  $C_2$  – собівартість одиниці продукції по новому варіанту, грн.;

$K_{1, 2 \text{ пит}}$  – питомі капітальні вкладення, грн.

$$Z_2 = 507,4 + 0,15 \cdot \frac{3346873,5}{8370} = 567,3 \text{ грн}$$

$$Z_1 = 1911,25 + 0,15 \cdot \frac{3346873,5}{8370} = 1971,23 \text{ грн}$$

$$\Xi = [1971,23 - 567,3] \cdot 8370 = 11750894,1$$

Економічний ефект від впровадження нової технології відновлення лінійки направляючої склав 1175084,1 грн.

В якості висновків до економічного розділу, ми можемо сказати, що для зниження собівартості продукції потрібно:

1) підвищувати технічний рівень виробництва: застосовуючи нову техніку і технології, механізацію і автоматизацію виробничих процесів, удосконалювати техніку і технології, які використовуються на виробництві;

2) покращувати організацію виробництва і праці: розвиваючи спеціалізацію виробництва, покращувати матеріально – технічне постачання і використання матеріальних ресурсів, скорочувати транспортні затрати;

3) змінювати об'єм і структуру продукції: відносно зменшення умовно – постійних затрат і амортизаційних відрахувань в результаті росту об'єму виробництва, зміна структури продукції, підвищення її якості.

Для зниження собівартості зварювальних робіт потрібно:

1) підвищувати технічний рівень виробництва: застосовуючи нову техніку і технології, механізацію і автоматизацію виробничих процесів, удосконалювати техніку і технології, які використовуються на виробництві;

2) покращувати організацію виробництва і праці: розвиваючи спеціалізацію виробництва, покращувати матеріально – технічне постачання і використання матеріальних ресурсів, скорочувати транспортні затрати;

3) змінювати об'єм і структуру продукції: відносно зменшення умовно – постійних затрат і амортизаційних відрахувань в результаті росту об'єму виробництва, зміна структури продукції, підвищення її якості.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надані основні заходи з охорони праці при розробці технологічного процесу відновлення лінійки напрямляючої стану 1680 методом полуавтоматичного наплавлення у середовищі захисних газів.

### 5.1 Аналіз потенційних небезпек

а) небезпеки що пов'язані з порушенням роботодавцями вимог НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 в частині надання інформації про можливі небезпеки в процесі виконання службових обов'язків;

б) можливість ураженням електричним струмом в наслідок порушення правил безпеки, що може призвести до електричних травм або летального наслідку;

в) небезпеки які пов'язані з використанням судин для зберігання робочих газів під тиском, що може призвести до вибухів та великомасштабних руйнувань.

г) небезпеки що пов'язані з можливістю механічного травмування робітника в наслідок використання не атестованих пристосувань, або інструменту, або відсутності індивідуальних засобів захисту;

д) можливість отримання термічних опіків при непередбачуваному торканні нагрітих поверхонь та виробів;

е) електрофтальмія, що може призвести до ураження органів зору внаслідок інтенсивного ультрафіолетового випромінювання електричної дуги;

є) незадовільні параметри повітряного середовища, що може привести до патологій дихальних шляхів та легень;

ж) Невідповідність вимогам ДБН В.2.5 – 28 – 2006 «Природне і штучне освітлення» освітлення робочих зон дослідницької ділянки;

з) небезпеки які пов'язані з можливістю виникнення надзвичайних ситуацій, а саме:

- можливість загорянь причинами яких є порушення правил пожежної безпеки, коротке замикання, що може призвести до пожеж;
- недоліки в навчанні населені діям в умовах надзвичайних ситуаціях

## 5.2 Заходи по забезпеченню безпеки

а) Згідно вимог НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників» передбачено усі працівники повинні пройти навчання та перевірку знань з питань охорони праці відповідно до «Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці», затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці (Держпраці) від 26.01.2005 №15. Роботодавець повинен забезпечити повну і вичерпну інформацію працівників з питань охорони праці як відносно підприємства в цілому так і відносно специфіки виконуваних робіт на робочих місцях, де зазначені можливі небезпечні ситуації та заходи для їх запобігання. Найбільш ефективним є проведення відповідних інструктажів (вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий) [60].

б) для попередження ураження електричним струмом необхідно здійснювати наступні заходи захисту:

Організаційні заходи: до виконання робіт допускаються особи віком не молодше 18 років, що пройшли навчання та перевірку знань з електробезпеки згідно ДНАОП 1.1.10 – 1.01 – 2000 «Правила безпечної експлуатації електроустановок – споживачів» та отримали допуск з електробезпеки відповідної групи.

Для кожного електроспоживного обладнання повинні бути складені експлуатаційні схеми нормальної і аварійної роботи.

Технічні заходи: Розташування струмоведучих частин на недоступній висоті. Висот розташування визначається значенням напруги: при напрузі до 1000 В – не менше 3,5 м, при напрузі більше 1000 В – не менше 6 м. Зварювальні проводи мають бути гнучкими з гнучкою та міцною ізоляцією. Принцип дії

захисного заземлення полягає у зниженні до безпечних значень напруги дотику, яка обумовлена замиканням на корпус. Електрообладнання необхідно заземлювати у відповідності з ПУЕ – 2015 «Правила улаштування електроустановок [61].

Використовувати на робочих місцях при зварюванні діелектричні килимки, ізолюючі підставки і інші електрозахисні засоби, що забезпечують електробезпеку. Для попередження працівників про можливість ураження електричним струмом на ділянках зварювання повинні бути вивішені попереджувальні написи, плакати та знаки безпеки.

Перед початком роботи перевіряються наявність і справність: огорожень і запобіжних пристроїв, струмоведучих частин електричної апаратури (пускарів, трансформаторів, кнопок і інших), заземлювальних пристроїв, захисних блокувань. При виявленні несправностей до роботи не приступати, про несправності повідомити своєму безпосередньому керівнику;

в) для попередження небезпек які пов'язані з використанням судин для зберігання робочих газів під тиском, у відповідності ДНАОП 0.00 – 1.07 – 94 «Правило побудови та безпечної експлуатації судин, що працюють під тиском», що може призвести до вибухів та великомасштабних руйнувань» [62]:

– балони для стиснених, зріджених і розчинених газів місткістю більше 100 л повинні супроводжуватися журналом нагляду (паспортом);

– на балони місткістю понад 100 л повинні встановлюватися запобіжні клапани. При груповому встановленні балонів допускається встановлення запобіжного клапана на всю групу балонів;

– бокові штуцери вентилів для балонів, які наповнюються воднем та іншими горючими газами, повинні мати ліву різьбу, а для балонів, які наповнюються киснем та іншими негорючими газами, – праву різьбу;

Після заповнення балонів пористою масою і розчинником на його горловині вибивається маса тари (маса балона без ковпака, але з пористою масою і розчинником, башмаком, кільцем і вентилем);

– під час експлуатації балонів фарбування і нанесення написів на них відповідно до таблиці 1 додатка 4 до цих Правил здійснюються суб'єктами господарювання, які їх заповнюють та ремонтують.

Маркування та фарбування неметалевих балонів слід проводити у відповідності до НД.

г) для виключення механічного травмування передбачається ряд заходів: наявність знаків безпеки; проведення навчання і перевірки знань з охорони праці; забезпечення працівників спеціальним одягом і спеціальними засобами індивідуального захисту.

Робітники зварювальних ділянок повинні забезпечуватись захисним спецодягом та індивідуальними захисними засобами згідно ГОСТ 12.4045 – 87 «ССБТ костюмы мужские для защиты от повышенных температур технические условия» [63].

Рукавиці брезентові згідно ГОСТ 12.4.01075 «ССБТ Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия» [64], спеціальне взуття (ботинки, напівсапоги) із захисними носками згідно ДСТУ 10998 – 74 «ССБП Взуття спеціальне шкіряне для захисту від механічних пошкоджень» [65], спеціальні окуляри захисні згідно з ГОСТ 12.4.035 – 78 «ССБТ щитки защитные для электросварщика. Технические условия» [66].

Перед початком роботи необхідно: оглянути робоче місце, привести його в порядок, звільнити проходи і не захащувати їх, оглянути, привести в порядок і надіти засоби індивідуального захисту, переконатися в тому, що підлога суха;

д) для виключення термічних опіків передбачено використання індивідуальних захисних засобів, зокрема, рукавиці брезентові згідно ГОСТ 12.4.01075 «ССБТ Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия» [64];

е) для захисту від впливу ультрафіолетового опромінення передбачено використання щитків зі світлофільтрами згідно з ГОСТ 12.4.035 – 78 «ССБТ щитки защитные для электросварщика. Технические условия», захисних окулярів типу ГС – 3, ГС – 7, ГС – 12 або встановлення світлофільтрів в камері

наплавлення [66].

### 5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

є) для забезпечення оптимальних параметрів повітряного середовища на дільниці для зварювання передбачено влаштування загально обмінної механічної вентиляції згідно ДСН 3.3.6 – 042 – 99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», що забезпечує оптимальні параметри [67].

Таблиця 5.1 – Метеорологічні умови в приміщенні дільниці

| Період року | Температура,<br>С° | Відносна вологість,<br>% | Швидкість руху<br>повітря, м/с |
|-------------|--------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Холодний    | 18 – 22            | 40 – 60                  | ОД – 0,3                       |
| Теплий      | 20 – 23            | 40 – 60                  | 0,1 – 0,4                      |

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони у виробничих приміщеннях приведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони у виробничих приміщеннях.

| Шкідливі речовини                        | Показники |
|------------------------------------------|-----------|
| Молібден, мг/м <sup>3</sup>              | 2         |
| Окис вуглецю, мг/м <sup>3</sup>          | 20        |
| Окис заліза, мг/м <sup>3</sup>           | 4         |
| Хромовий ангідрид, 1 мг/м <sup>3</sup> 1 | 0,01      |

Для зменшення концентрації шкідливих речовин на робочих місцях до гранично допустимих, застосовані місцеві витяжні панелі і фільтровитяжні агрегати, витяжні шафи та ін., згідно СніП 2.04.05 – 91 «Строительные нормы. Отопление, вентиляция и кондиционирование» [68].

Для освітлення дослідної ділянки зварювання згідно ДБН.В.2.5. – 28 – 2006 «Природне і штучне освітлення» використовуємо люмінесцентні лампи, які, незважаючи на свої недоліки, мають ряд переваг [69]:

- значна світловидатність (від 5 разів до 7 разів більше ламп розжарювання);
- великий термін служби (від 6000 годин до 14000 годин).

Освітленість проходів і частин приміщення, де роботи не проводяться, повина складати не менше 25% освітлення, що створюється світильниками загального освітлення на робочих місцях, але не менше 75 лк при застосуванні газорозрядних ламп і 30 лк при використанні ламп накаливання.

а) вибір системи освітлення. За розряду роботи вибираємо загальне освітлення з освітленістю 300 лк. У темному кольорі фону і малому контрасті об'єкта з фоном.

б) визначення рівня нормованої освітленості  $E_n = 300$  лк.

в) джерелом світла вибираємо люмінесцентні лампи.

г) оцінка коефіцієнта запасу і коефіцієнта нерівномірності освітлення:  $k_3 = 2,0$  – для люмінесцентних ламп низького тиску.

д) чисельне значення індексу приміщення визначають за рівнянням:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{17,5 \cdot 6,5}{7,5 \cdot (17,5 + 6,5)} = 0,63$$

(5.1)

де  $A$  – довжина приміщення, м;

$B$  – ширина приміщення, м;

$h$  – висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м.

$$h = H - h_p - h_3 = 10 - 0,6 - 1,9 = 7,5 \text{ м}$$

(5.2)

де  $H$  – висота виробничого приміщення, м;

$h_p$  – висота робочої поверхні над підлогою, м;

$h_3$  – висота звису світильника від стелі, м.

Якщо не задані, то розрахунок проводити за формулами: розрахунок кількості рядів світильників в приміщенні:

$$N_p = \frac{B}{(H - h_p) \cdot (L \div h)} = \frac{6,5}{(10 - 0,6) \cdot 1,6} = 0,5 \approx 1,$$

(5.3)

де ( $h_3$ ,  $h_p$ ) – числове значення коефіцієнта світильника.

Розрахувати висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$i = \frac{L_{\max}}{L \div h} = \frac{12}{1,6} = 7,5 \text{ м}$$

(5.4)

Знайти висоту схилу світильника від стелі:

$$h_3 = H - h_p - h = 10 - 0,6 - 7,5 = 1,9 \text{ м}$$

(5.5)

Значення коефіцієнта використання світлового потоку лампи і загальної кількості світильників:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_H \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{\eta} = \frac{300 \cdot 114 \cdot 2,0 \cdot 1,15}{0,46} = 171000 \text{ лм},$$

(5.6)

де  $S$  – площа освітлювальної поверхні,  $m^2$ .

Визначити максимальну відстань  $L_{\max}$  між рядами і сусідніми світильниками в ряду :

$$L_{\max} = [L \div h] \cdot h = 1,6 \cdot 7,5 = 12 \text{ м}$$
(5.7)

Визначити кількість рядків світильників в приміщенні:

$$N_p = \frac{B}{L_{\max}} = \frac{6,5}{12} = 1.$$
(5.8)

Визначити умовну загальну кількість світильників в приміщенні, виходячи з позиції розташування їх у вершинах квадрата:

$$N^* = \frac{A \cdot B}{L_{\max}^2} = 0,78 \text{ шт.}$$
(5.9)

Розрахувати світловий потік умовного джерела світла:

$$\Phi_{\text{л}}^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_{\text{л}}} = \frac{171000}{0,78} = 219230 \text{ лм,}$$
(5.10)

де  $N_{\text{л}}$  – загальна кількість ламп в приміщенні, шт:

$$N_{\text{л}} = N^* \cdot n = 0,78 \cdot 1 = 0,78 \text{ шт,}$$
(5.11)

де  $n$  – кількість ламп у світильнику.

Визначити коефіцієнт  $m$  – співвідношення між розрахунком світловим потоком  $\Phi_{\text{л}}^*$  та фактичним світловим потоком обраної стандартної лампи  $\Phi_{\text{л}}$ :

$$m = \frac{\Phi_{\text{л}}^*}{\Phi_{\text{л}}} = \frac{219230}{109000} = 2,01. \quad (5.12)$$

Визначити оптимальну кількість світильників в приміщенні:

$$N = N^* \cdot m = 0,78 \cdot 2,01 = 1,57 \approx 2 \text{ шт}, \quad (5.13)$$

Визначити загальну розрахункову освітленість  $E_p$  в приміщенні, що створюється при застосуванні стандартних ламп:

$$E_p = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot N \cdot \mu}{S \cdot k_3 \cdot z} = \frac{109000 \cdot 2 \cdot 0,46}{114,2 \cdot 2 \cdot 1,15} = 358,5 \text{ лк}. \quad (5.14)$$

При правильному виборі типу і кількості стандартних ламп має виконуватись умова:

$$E_p = (-10\% \dots + 20\%) \cdot E_{\text{н}}, \text{ лк}; \quad (5.15)$$

$$358,5 \text{ лк} = 270 \dots 360 \text{ лк}.$$

Умова виконується.

Визначаємо загальну потужність освітлювальної установки

$$P_{\Sigma} = N_{\text{л}} \cdot P_{\text{л}} = 2 \cdot 1000 = 2 \text{ кВт} \quad (5.16)$$

Таким чином система загального штучного освітлення складається з ЛД 80, які встановленні в світильники ЛСП, в кількості 2 лампи в одному світильнику.

ж) для виключення можливості загорянь, внаслідок порушення правил пожежної безпеки, необхідно проводити інструктаж і перевірку знань правил пожежної безпеки, відповідно до НПАОП 28.52 – 1.15 – 60 «Правила з техніки

безпеки і виробничої санітарії при електрозварювальних роботах» [70], НАПБ А.01.001 – 2004 «Правила пожежної безпеки України» [71] і НПАОП 0.00 – 4.12 – 05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» [72].

з) Згідно вимогам ДБН В.2.5 – 28 – 2006 «Природне і штучне освітлення» [69] освітлення робочих зон, для освітлення приміщень промислових підприємств (КПО, нормована освітленість, допустимі поєднання показників осліпленості і коефіцієнта пульсації освітленості) слід приймати за таблицею 1 з урахуванням вимог 4.5 і 4.6. вище вказаного документу

і) для попередження небезпеки які пов'язані з можливістю виникнення надзвичайних ситуацій, у відповідності до чинного законодавства роботодавець повинен здійснювати комплекс організаційних та інженерно – технічних заходів:

- виявлення небезпеки, оцінка ризику і прогнозування надзвичайних ситуацій на відповідних територіях та потенційно небезпечних об'єктах;
- щорічне уточнення прогнозних даних щодо ризику виникнення надзвичайних ситуацій, визначення найбільш гострих проблемних питань щодо запобігання надзвичайним ситуаціям;
- розроблення паспортів ризику виникнення надзвичайних ситуацій та планів інженерно – технічних заходів, спрямованих на запобігання виникненню надзвичайних ситуацій;
- створення реєстру потенційно небезпечних територій і об'єктів;
- організація і здійснення систематичних перевірок стану техногенної безпеки на потенційно небезпечних об'єктах і територіях.

## 5.4 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

### 5.4.1. Заходи з пожежної безпеки

Ділянка складання і зварювання, згідно НАПББ 03.002 – 2007 «Норми визначення категорій приміщень, будівель і зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» [73] відноситься до категорії (Згідно ДБН В. 1.1.7 – 2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» [74]), «С».

Площа ділянки складає 114 м<sup>2</sup>. Виходячи з цього, згідно НАПБ.03.001 – 2004 «типові норми причетності вогнегасників» [75] вибирається три порошкових вогнегасника ємністю 8 літрів.

На ділянці розташований пожежний щит. До складу щита входить:

- вогнегасник – 3 шт.;
- ящик з піском – 1 шт.;
- покривало розміром 2х2 – 1 шт.;
- гаки – 3 шт.;
- лопати – 2 шт.;
- лом – 2 шт.;
- сокира – 2 шт.

Горінням називають складним фізико – хімічний процес взаємодії горючої речовини та окислювача, який супроводжується виділенням тепла та випромінюванням світла.

Пожежа – неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі.

Залежно від агрегатного стану й особливих можливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі за ДБМВ 1.1.7 – 2002 пожежна безпека об'єктів будівництва, поділяються.

– Клас А – пожежі твердих речовин, горіння яких супроводжується тлінням.

– А1 – горіння, яке супроводжується тлінням

- A2 – яке не супроводжується тлінням;
- Клас В – горіння рідких речовин
- B1– які розчинні у воді
- B2 – нерозчинні у воді;
- Клас С – горіння газоподібних речовин (побутовий газ, водень, пропан);
- Клас D – горіння металів
- D1 – легкі метали
- D2 – лужні і лужноземельні метали
- D3 – металомісткі сполуки
- Клас Е – горіння електроустановок, що перебувають під напругою електричного струму.

Проте, нещодавно в Україні введено в дію ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж» [76], відповідно до якого поняття підкласів пожеж (A1...D3) уже не застосовується, з переліку також виключено клас Е (горіння електроустановок, що перебувають під напругою е струм), а натомість введено клас F – горіння речовин, які використовують для приготування їжі (рослинних і тваринних олій та жирів) та які містяться в кухонних приладах.

Категорія за вибухо – пожежною та пожежною небезпекою дослідницької дільниці призначається, як «D».

#### 5.4.2. Навчання населення діям в умовах надзвичайних ситуацій

Навчання населення діям в умовах надзвичайних ситуацій проводиться.

- працююче населення – за місцем роботи,
- діти дошкільного віку – за місцем виховання;
- учні та студенти – за місцем навчання;
- непрацююче населення – за місцем проживання.

Організація навчання діям в умовах надзвичайних ситуацій покладається:

а) працюючого і непрацюючого населення – на центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізацію державної політики у сфері цивільного захисту, а розробляють і затверджують організаційно методичні вказівки та програми з підготовки населення до дій в умовах НС.

б) місцеві державні адміністрації та органи місцевого самоврядування.

в) дітей дошкільного віку, учнів та студентів – на центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізацію державної політики в сфері освіти і науки, який розробляє і затверджує навчальні програми з вивчення заходів безпеки, способів захисту від впливу небезпечних чинників, викликаних надзвичайними ситуаціями, надання долікарської допомоги, за погодженням з центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізацію державної політики у сфері цивільного захисту.

Стандартами професійно – технічної та вищої освіти передбачено отримання знань у сфері цивільного захисту. Порядок навчання населення діям в умовах надзвичайних ситуацій встановлюється Кабінетом Міністрів України. Громадські організації та позашкільні навчальні заклади проводять навчання діям в умовах надзвичайних ситуацій відповідно до своїх програм.

Навчання працюючого населення діям в умовах надзвичайних ситуацій є обов'язковим і проводиться в робочий час, за рахунок коштів роботодавця за програмами підготовки населення до дій в умовах надзвичайних ситуацій, а також на спеціальних об'єктових навчаннях і тренуваннях з питань цивільного захисту. Порядок організації та проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту визначається Державною службою України з надзвичайних ситуацій. Для отримання працівниками відомостей про порядок дій в умовах надзвичайних ситуацій, з урахуванням особливостей виробничої діяльності об'єкта, облаштовується інформаційно довідковий куток з питань цивільного захисту.

При прийнятті на роботу, а також щорічно, працівники проходять інструктаж з питань цивільного захисту, пожежної безпеки та діям в умовах надзвичайних ситуацій. Працівники, зайняті на роботах з підвищеною

пожежною небезпекою, один раз на рік проходять перевірку знань нормативних актів з пожежної безпеки, а посадові особи, з метою допуску до виконання своїх обов'язків, а також періодично (один раз на три роки), проходять навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки. Забороняється допускати до роботи осіб, які не пройшли навчання,

Інструктаж і перевірку знань з питань цивільного захисту, зокрема, з пожежної безпеки.

Непрацююче населення самостійно вивчає пам'ятки та інший інформаційно – довідковий матеріал з питань цивільного захисту, правила пожежної безпеки в побуті та громадських місцях, а також отримує через засоби масової інформації, від органів державної влади або органів місцевого самоврядування необхідні відомості про надзвичайні ситуації, в зоні яких можуть виявитися непрацюючі громадяни, а також про способи захисту від впливу небезпечних чинників.

## ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті була розроблена технологія відновлення лінійки направляючої, а саме: складені умови на відновлення деталі, визначений спосіб відновлення, вибрані зварювальні матеріали, визначені режими зварювання, обране обладнання, пронормовані роботи по відновленню дослідженої деталі, розраховані витрати матеріалів для відновлення, передбачені заходи з електробезпеки безпеки та протипожежної безпеки, розглянута вентиляція, освітлення.

Також в дипломному проєкті для визначення повної собівартості та оптової ціни відновлення деталей було визначено необхідну кількість обладнання, відсоток його завантаження та зроблено рекомендації щодо поліпшення його використання. Також було визначено необхідну кількість працівників всіх категорій та розраховано фонд оплати праці, середньомісячна заробітна плата. Визначено вартість необхідних основних засобів (обладнання), а також суму амортизаційних відрахувань.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Патент РФ № RU2007102340 / 22U, 10. 07. 2007. Устройство для направления и центрования листового и полосового проката // Патент России № 64537U1. 2007. Бюл. № 33. / Матвеев В.М., Сникковский Д.Е., Хорьков В.Б.
2. Зенкин Н. А. Повышение эксплуатационных характеристик композиционных материалов путем оптимизации упрочняющих технологий: монография / Н.А. Зенкин, В.И. Копылов. – К. : Глав. спец. ред. лит. языками нац. меньшинств Украины, 2002. – 272 с.
3. Брыков М. Н. Износостойкость сталей и чугунов при абразивном изнашивании / М.Н. Брыков, В.Г. Ефременко, А.В. Ефременко. – Херсон : Гринь Д.С., 2014. – 364 с.
4. Хрущов М. М. Абразивное изнашивание / М.М. Хрущов, М.А. Бабичев. – М. : Наука, 1970. – 251 с.
5. Крагельский И. В. Трение и износ / И.В. Крагельский. – М. : Машиностроение, 1968. – 480 с.
6. Ткачев В. Н. Износ и повышение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин / В.Н. Ткачев. – М. : Машиностроение, 1964. – 375с.
7. Костецкий Б. И. Трение, смазка и износ в машинах / Б.И.Костецкий, И.Г. Носовский. – К. : Техника, 1970. – 396 с.
8. Хрущов М. М. Развитие учения об износостойкости машин и механизмов // Трение и износ. – 1998. – № 1. – С. 124 – 135.
9. Савицкий К. В. О сопротивлении изнашиванию металлов и сплавов при трении об абразивную поверхность / Савицкий К.В. – М. : Изв. ВУЗов. Физика. № 2. – 1958.
10. Кузнецов В. Д. Износостойкость наплавленного металла типа углеродистых и хромомарганцевых сталей в условиях сухого трения металла по металлу / В.Д. Кузнецов, Д.В. Степанов, В.А. Маковой, Я.П.

- Черняк // Автоматическая сварка. – 2013. – № 6. – С. 44 – 47.
11. Сидоров А. И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой / А.И. Сидоров. – М. : Машиностроение, 1987. – 192 с.
  12. Мазель Ю. А. Классификация сплавов на основе железа для восстановительной и упрочняющей наплавки/ Ю.А. Мазель, Ю.В. Кусков, Г.Н. Полищук // Сварочное производство. 1999. – № 4. – С. 35 – 38. 120
  13. Матеріали зварювальні. Зварювальні матеріали для наплавлення (EN 14700: 2005 IDT): ДСТУ EN 14700: 2008. – [Чинний від 2011 – 01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – (Нац. стандарт України).
  14. Рябцев И. И. Гармонизация стандартов на наплавочные материалы в соответствии с требованиями европейского стандарта EN 14700 «Сварочные материалы – Сварочные материалы для наплавки» / И.А. Рябцев, Н.А. Проценко // Сварщик, 2007. – № 6. – С. 30 – 36.
  15. Longo F. N. Handbook of coating recommendations/ F. N. Longo. – New York: Metco Inc., 1972. – 212 p.
  16. Simple tests aid development of alloys for thermal spraying/ H.Griffiths, F.Weld, G. R. Bell, C. Eng // Proc. 9th Int. Thermal Spray. Conf. – Hague, 1980. – P. 162 – 166.
  17. Metco Inc. USA. The revolutionary new Metco type N metallizing system. — S. 1 — 10 p.
  18. Schwarz E. Verschleissfestes Hartbeschichten durch Plasma– und Flammschockspritzen (Detonationsspritzen)/ E. Schwarz // Werkstatt und Betrieb. – 1977. – 110, N 10. – S. 724 – 729.
  19. Тененбаум М. М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин / Тененбаум М.М. – М. : Машиностроение, 1966. – 331 с.
  20. Долговечность оборудования огнеупорного производства / Попов В.С., Брыков Н.Н., Дмитриченко Н.С., Приступа П.Г. — М. : Металлургия, 1978. — 232 с.
  21. Шеенко И. Н. Современные наплавочные материалы на основе тугоплавких соединений / Шеенко И.Н. – Киев. : Наукова думка, 1975. –

239 с.

22. Тихонович В. И. Основы повышения износостойкости литых сплавов / В. И. Тихонович Сборник научных трудов. Литые износостойкие материалы. ИПЛ АН УССР, 1978. – 140 с.
23. Попов В. С. Металловедческие аспекты износостойкости сталей и сплавов / В.С. Попов, Н.Н. Брыков. – Запорожье: В.П.К. «Запоріжжя», 1996. – 180 с.
24. Ямпольский Г. Я. Косвенная оценка абразивной износостойкости деталей по характеристикам, определяемым внедрением и царапанием индентором / Г.Я. Ямпольский, И.В. Южаков, Ю.К. Калугин и др. // Износ в машинах и методы защиты от него. – М. : Машиностроение, 1985. – С.59 – 60.
25. Кузнецов В.Д . Порівняльна оцінка зносостійкості поверхневих шарів різного складу в умовах тертя без мащення та абразивного зношування.
26. Попов. С. М. Триботехнічні та матеріалознавчі аспекти руйнування сталей і сплавів при зношуванні: Навчальний посібник / С.М. Попов, Д.А. Антонюк, В.В. Нетребко. – Запоріжжя: ВАТ «Мотор Січ», 2010. – 368 с
27. Боуден Ф. Трение и смазка твердых тел / Ф. Боуден, Д. Тейбор – М. : Машиностроение, 1968. – 543 с.
28. Рябцев И. А. Наплавка деталей машин и механизмов / И.А. Рябцев. – К. : Экотехнология, 2004. – 160 с.
29. Кусков Ю. М. Электрошлаковая наплавка / Ю.М. Кусков, В.Н. Скороходов, И.А. Рябцев, И.С. Сарычев. – М. : Наука и технологии, 2001. – 179с.
30. Зернин Е. А. Способы модифицирования наплавленного металла наноструктурированными порошками для увеличения механических свойств сварных соединений / Е. А. Зернин, А. М. Кузнецов // НиТПУ. – 2000. – С 1 – 7.
31. Гладкий П. В. Микролегирование и модифицирование износостойкого наплавленного металла. / П.В. Гладкий, Г.С. Микаелян // Наплавленный

- металл. Состав, структура, свойства. – К. : ИЭС им. Е.О. Патона, 1992. – С. 33 – 36.
32. Новые материалы. Под ред. Ю.С. Карабасова – М. : МИСИС, 2002 – 736 с.
33. Алымов М. И. Механические свойства нанокристаллических материалов/ М. И. Алымов. – М. : МИФИ, 2004. – 32 с.
34. Vinogradov A.Yu., Agnew S.R. Nanocrystalline Materials: Fatigue / in Encyclopedia of Nanotechnology/ A.Yu. Vinogradov, S.R. Agnew. – N.Y. : Marcel Dekker, 2004. – P. 2269 –2 288.
35. Влияние модификации керамическими нанодисперсиями металлов и сплавов на их свойства/ В. А. Полубояров, Гао Хонг, Чен Меилинг [и др.] //Вторая Всероссийская конференция по наноматериалам «НАНО 2007» 13 – 16 марта 2007 года, Новосибирск. – С. 75
36. D.V. Shtansky et al. : Surface and Coatings Technology, 2001. – Vol.148, № 2–3. – 204–213 pp. 37. Н.И. Смирнов, М.В. Прожега, М.А. Даниличев // Междунар. конф. Нанотехнологии и их влияние на трение, износ и усталость в машинах. 14—15.12. 2004. – Москва, ИМАШ, 2004. – С.11.
38. Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения/ Б. М. Балоян, А.Г. Колмаков, М.И. Алымов, А. М. Кротов. Учебное пособие Международный университет природы, общества и человека «Дубна» Филиал «Угreshа». – М. 2007. – С.125.
39. Морохов И.Д. Ультрадисперсные металлические среды/ И. Д. Морохов, Л. И.Трусов, С. П. Чижик. – М. : Атомиздат, 1977. – 264 с.
40. Газотермическая обработка керамических оксидов / М. Н. Бодяко, Ф.Б. Вурзель, Е.В. Кремко [и др.]; Под ред. О. В. Романа. – Минск: Наука и техника, 1988. – 223 с.
41. Состояние и перспективы создания композиционных порошков и покрытий с наноразмерными ингредиентами / Ф.И. Пантелеенко, Ф.Г. Ловшенко, А.В. Рогачев и др.// Материалы, технологии и оборудование для упрочнения и восстановления деталей машин. – VII «Технопринт», 2003. –

- С. 14–15.
42. В.Д. Кузнецов, В.М. Пащенко, І.В. Смирнов, Д.В. Степанов // Научно –  
технічний журнал Проблеми тертя та зношування. Київ НАУ 2014 №2(63);  
С. 85– 91.
43. Владиславлев А.А., Алисин В.В., Рощин М.Н. // Междунар. конф.  
Нанотехнологии и их влияние на трение, износ и усталость в машинах.  
14—15. 2004. – Москва, ИМАШ, 2004. – С.17.
44. Соколов Г. Н. Влияние нанодисперстных карбидов WC и никеля на  
структуру и свойства наплавленного металла / Соколов Г.Н., Трошков  
А.С., Лысак И.В., Самохин А.В., Благовещенский Ю.В., Алексеев А.Н.,  
Цветков Ю.В. // Сварка и диагностика. – 2011. – №3. – С. 36 – 38.
45. Костиков В. И. Плазменные покрытия / В.И. Костиков, Ю.А. Шестерин.  
– М. : Машиностроение, 1978. – 160 с.
46. Вайнерман А.Е. Плазменная наплавка металлов / А.Е. Вайнерман, М.Х.  
Шоршоров, В.Д. Спиридонов, В.С. Новосадов. – Л: Машиностроение,  
1969. – 191 с.
47. Спиридонов И.В. Плазменные и лазерные методы упрочнения деталей  
машин / [И.В. Спиридонов, О.С. Кобяков, И.Л. Куприянов и др.]; под ред.  
В.И. Гагина. – Минск: Высшая школа, 1988. – 154 с.
48. Морохов И. Д., Петин В.И., Трусов Л.И. [и др.]// Успехи физ. Наук.  
1981. – Т.133. – С. 565.
49. Копылов В. И. Комбинированные способы получения порошковых  
смесей с нанокристаллическими составляющими для газотермических  
покрытий В. И. Копылов, И. В. Смирнов, И. А. Селиверстов //   
Материаловедение тугоплавких соединений: достижения и проблемы:  
Междунар. науч. –техн. конф., 19 жовт. 2008р. : тезисы докл. — Киев, 2008.  
– С. 196.
50. Смирнов И. В. Формирование плазменных покрытий при использовании  
плакированных и ультрадисперсных керамических порошков / И. В.  
Смирнов // Вісник НТУУ.“Машинобудування”. – 2011. – №61. –

С. 117 –122.

51. Опарин Л. Н. Свойства металла, наплавленного электродуговым способом с подачей присадочного порошка в сварочную ванну. В сб. : Наплавленный металл. Состав, структура, свойства. Киев: ИЭС им. Патона НАНУ. 1992. С. 35 – 36.
52. Kivinema E.L., Olson D.L., Maltock D.K. Particulate – reinforced metal matrix composite as a weld deposit. Welding J. 1995. No.3. P.83 – 92
53. Курлов А. С., Гусев А. И. Фазовые равновесия в системе W – С и карбиды вольфрама. Успехи химии. – 2006. – т.75. – №7. – С. 687 – 700.
54. Гусев А. И. Эффекты наноструктурного состояния в компактных металлах и соединениях // Усп. физ. наук. – 1998. –168. –С. 29 – 58
55. Гитлевич, А. Д. «Механизация и автоматизация сварочного производства» М. «Машиностроение», 1979, 280 с.
56. ДБН В.2.6 – 163 «Норми проектування, виготовлення і монтажу» К : 2010., 233 с.
57. ДСТУ 8541 – 2015 «Сталь конструкционная» К : 2015., 46 с.
58. ISO 2553:2017 Сварные соединения «Условные обозначения на чертежах» К : 2017., 49 с.
59. ДСТУ EN ISO 14341:2014 Материалы сварочные. «Электродные проволоки и наплавленный металл в защитном газе» ,78 с.
60. НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників».
61. ДНАОП 1.1.10 – 1.01 – 2000 «Правила безпечної експлуатації електроустановок – споживачів»
62. ДНАОП 0.00 – 1.07 – 94 «Правило побудови та безпечної експлуатації судин, що працюють під тиском», що може призвести до вибухів та великомасштабних руйнувань»
63. ГОСТ 12.4045 – 87 «ССБТ костюмы мужские для защиты от повышенных температур технические условия»
64. ГОСТ 12.4.01075 «ССБТ Средства индивидуальной защиты. Рукавицы

специальные. Технические условия»

- 65. ДСТУ 10998 – 74 «ССБП Взуття спеціальне шкіряне для захисту від механічних пошкоджень»
- 66. ГОСТ 12.4.035 – 78 «ССБТ щитки защитные для электросварщика. Технические условия»
- 67. ДСН 3.3.6 – 042 – 99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»
- 68. СнiП 2.04.05 – 91 «Строительные нормы. Отопление, вентиляция и кондиционирование»
- 69. ДБН.В.2.5. – 28 – 2006 «Природне і штучне освітлення»
- 70. НПАОП 28.52 – 1.15 – 60 «Правила з техніки безпеки і виробничої санітарії при електрозварювальних роботах»;
- 71. НАПБ А.01.001 – 2004 «Правила пожежної безпеки України»;
- 72. НПАОП 0.00 – 4.12 – 05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці»;
- 73. НАПББ 03.002 – 2007 «Норми визначення категорій приміщень, будівель і зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою»;
- 74. ДБН В. 1.1.7 – 2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»;
- 75. НАПБ.03.001 – 2004 «типові норми причетності вогнегасників»;
- 76. ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж»



## ДОДАТОК Б

стенд для позиціонування

| Лист. 1                                       |   |  | Обозначение         | Наименование                                  | Кол  | Примечание |
|-----------------------------------------------|---|--|---------------------|-----------------------------------------------|------|------------|
|                                               |   |  |                     | Документация                                  |      |            |
| AI                                            |   |  | ГК110-315320.003 СБ | Стенд для позиціонування лінійки направляючої | 1    |            |
|                                               |   |  |                     | Детали                                        |      |            |
| 1/4                                           | 1 |  |                     | Труба профільна 50x50x5                       | 4    |            |
| 1/4                                           | 2 |  |                     | Нерівнобокий кутик 5,6x3,6x5                  | 4    |            |
| 1/4                                           | 3 |  |                     | Пластина графітова                            | 1    |            |
| 1/4                                           | 4 |  |                     | Пластина сталевіа 1424x845x2                  | 1    |            |
| 1/4                                           | 5 |  |                     | Пластина сталевіа 5x5                         | 4    |            |
| 1/4                                           | 6 |  |                     | Лист                                          | 4    |            |
|                                               |   |  |                     | Стандартные изделия                           |      |            |
| 1/4                                           | 4 |  |                     | Петля канцелярська 10x80 ISO 9001:2000        | 2    |            |
| 1/4                                           | 8 |  |                     | Анкерний болт М8x25 ГОСТ 24379.1-80           | 8    |            |
| 1/4                                           | 9 |  |                     | Саморіз 4x7 ДСТУ 1144:2008                    | 4    |            |
|                                               |   |  | ГК110-315320.003 СБ |                                               |      |            |
| Изд. Лист                                     |   |  | № докум.            | Подп.                                         | Дата |            |
| Разработ.                                     |   |  | Колосенко І. В.     |                                               |      |            |
| Проект.                                       |   |  | Литвинова Г. М.     |                                               |      |            |
| Исполнит.                                     |   |  | Ширякин С. О.       |                                               |      |            |
| Умб.                                          |   |  | Овчинников А. В.    |                                               |      |            |
| Стенд для позиціонування лінійки направляючої |   |  |                     | Лист 1                                        |      |            |
| ИЗ "Заводська Понтеміка", каф. 07.38          |   |  |                     | Група ІФЗ-4.19М                               |      |            |

Копіював Формат А4

|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дуод. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

|           |                |        |
|-----------|----------------|--------|
| Розроб.   | Кононенко І.Р. |        |
| Перевір.  | Лаптева Г.М.   |        |
| Н. контр. | Шумикін С.О.   |        |
| Листів 2  |                | Лист 1 |

|  |                      |  |
|--|----------------------|--|
|  | ГКІЮ 31.53.20.000 ПЗ |  |
|  | ДП                   |  |

МАРШРУТНА КАРТА  
технологічного процесу  
відновлення  
лінійки направляючої з проектування ділянки

|                                                                                             |                                                                         |     |    |       |  |                            |       |   |    |                      |    |        |     |         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----|----|-------|--|----------------------------|-------|---|----|----------------------|----|--------|-----|---------|-----|
|                                                                                             |                                                                         |     |    |       |  |                            |       |   |    | Листів 2             |    | Лист 2 |     |         |     |
| Перевір.   |                                                                         |     |    |       |  |                            |       |   |    | ГКІЮ 31.53.20.000 ПЗ |    |        |     |         |     |
| Н. контр.  |                                                                         |     |    |       |  |                            |       |   |    |                      |    |        |     |         |     |
| А                                                                                           | Цех                                                                     | Уч. | РМ | Опер. |  | Код, найменування операції |       |   |    | Позначення документа |    |        |     |         |     |
| Б                                                                                           | Код, найменування обладнання                                            |     |    |       |  | СМ                         | Проф. | Р | УП | КОВД                 | ОН | ОП     | Кшт | Тпз     | Тшт |
| К/М                                                                                         | Найменування деталі, скл. одиниці або матеріалу                         |     |    |       |  | Позначення, код            |       |   |    | ППП                  | ОВ | ОН     | КД  | Н. расх |     |
| 01                                                                                          | 10                                                                      |     |    |       |  | Позиціонування             |       |   |    |                      |    |        |     |         |     |
| 02                                                                                          | Стенд для позиціонування<br>Напівавтомат А 765<br>Поворотна колона      |     |    |       |  |                            |       |   |    |                      |    |        |     |         |     |
| 03                                                                                          | Виставити лінійку направляючу настенд для позиціонування<br>Наплавлення |     |    |       |  |                            |       |   |    |                      |    |        |     |         |     |
| 04                                                                                          | Ізв = 350 А, U = 28 В,                                                  |     |    |       |  |                            |       |   |    |                      |    |        |     |         |     |
| 05                                                                                          | Дріт Св – АН-122, d <sub>п</sub> = 3,2 мм,                              |     |    |       |  |                            |       |   |    |                      |    |        |     |         |     |
| 06                                                                                          | 20                                                                      |     |    |       |  |                            |       |   |    |                      |    |        |     |         |     |
| 07                                                                                          | Поворотна колона<br>Місце складання відновлених деталей                 |     |    |       |  |                            |       |   |    |                      |    |        |     |         |     |
| 08                                                                                          | Контроль якості                                                         |     |    |       |  | Контролер 5                |       |   |    |                      |    |        |     |         |     |
| 09                                                                                          | Штангульциркуль, лінійка                                                |     |    |       |  |                            |       |   |    |                      |    |        |     |         |     |
| 10                                                                                          |                                                                         |     |    |       |  |                            |       |   |    |                      |    |        |     |         |     |
| 11                                                                                          |                                                                         |     |    |       |  |                            |       |   |    |                      |    |        |     |         |     |
| 12                                                                                          |                                                                         |     |    |       |  |                            |       |   |    |                      |    |        |     |         |     |
| 13                                                                                          |                                                                         |     |    |       |  |                            |       |   |    |                      |    |        |     |         |     |
| 14                                                                                          |                                                                         |     |    |       |  |                            |       |   |    |                      |    |        |     |         |     |
| 15                                                                                          |                                                                         |     |    |       |  |                            |       |   |    |                      |    |        |     |         |     |
| 16                                                                                          |                                                                         |     |    |       |  |                            |       |   |    |                      |    |        |     |         |     |