

Запорізький національний технічний університет

(повна назва університету)
Фізико-технічний, інженерно-фізичний

(повне найменування інституту, назва факультету)
Обладнання та технології зварювального виробництва

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Дослідження технології контактного стикового
зварювання оплавленням та напівплавленням залізничних
рейок типу Р65 з проектуванням ділянки

Виконав: студент VI курсу, групи ІФ-412м
напряму підготовки (спеціальності)

131 „Прикладна механіка“, освітня програма
„Відновлення та підвищення зносостійкості
деталей і конструкцій

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Криворучко Артем Олександрович

(прізвище та ініціали)

Керівник Овчинников О.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Стебченко В.І.

(прізвище та ініціали)

10.12 - 2017 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет _____ Інженерно-фізичний _____
 Кафедра _____ Обладнання та технології зварювального виробництва _____
 Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) _____ магістр _____
 Спеціальність 131 „Прикладна механіка”, освітня програма „Відновлення
та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій”
 Напрямок підготовки 131 Прикладна механіка
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____
магістр. Овчинников О.В.
“18” грудня 2017 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Криворучко Артем Олександрович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту (роботи) _____ Дослідження технології контактного стикового
 зварювання оплавленням та наплавлення залізничних рейок типу Р65 з проектуванням
 дільниці _____

Вірник проекту (роботи) _____ Овчинников Олександр Володимирович _____,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом вищого навчального закладу від “11” грудня 2017 року № 472

Строк подання студентом проекту (роботи) _____ 10.12.2017 р. _____

Вихідні дані до проекту (роботи) _____ Базова технологія контактного стикового
 зварювання оплавленням залізничних рейок. Базова технологія наплавлення
 залізничних рейок. Зразки рейкової сталі марки М76 ГОСТ 241-
)

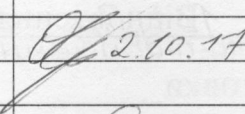
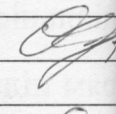
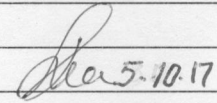
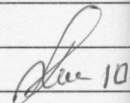
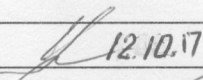
Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
 розробити) _____ 1 Актуальність теми дипломного проекту. 2 Аналіз вихідних
 даних і технічне завдання на проект. 3 Технічні умови на зварювально-наплавочні
 роботи та приймання звареного (відновленого) виробу. 4 Дослідження альтернативної
 технології зварювання залізничної колії з рейкою типу Р65 для вантажних і
 пасажирських доріг загального призначення. 5 Дослідження альтернативної технології
 наплавлення залізничної колії з рейкою типу Р65. 6 Проектно-конструкторські
 розробки. 7 Техніко-економічне обґрунтування дипломного проекту. 8 Охорона праці
 і безпека у надзвичайних ситуація. _____

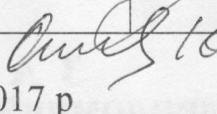
Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень).

1 Актуальність запропонованої технології – А1. 2 Рейкова пліть – А1. Специфікація
 4. 3 Дослідження базових зварювально-наплавочних технологій – А1. 4 Дослідження
 альтернативної технології зварювання залізничних рейок – 2 А1. 5 Дослідження
 альтернативної технології наплавлення залізничних рейок. 6 Стіл приймальний – А1.
 Специфікація – А4. 7 План складально-зварювальної дільниці – А1. 8 Дослідження

економічної ефективності виробництва – А1. 9 Дослідження беззбитковості виробництва – А2. 10 Дослідження мікроклімату та захисних систем дослідницької лабораторії.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

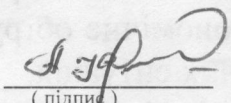
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконавцю завдання
Інженерно-дослідницький розділ	Овчинников О.В., зав. каф. ОТЗВ	 2.10.17	
Економічний розділ	Круглікова В.В., доцент	 5.10.17	
Розділ охорони праці та безпеки у НС	Нестеров О.В., зав. каф.	 12.10.17	

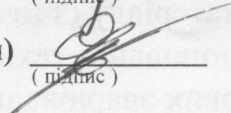
Перевірка на плагіат – 92,1%  Осіновський А.О. 9 лютого 2017 р.

7. Дата видачі завдання 24.02.2017 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Призначення
1	Актуальність теми дипломного проекту	27.02.17-3.03.17	
2	Аналіз вихідних даних і технічне завдання на проект	6.03.17-17.03.17	
3	Технічні умови на зварювально-наплавочні роботи та приймання звареного (відновленого) виробу	20.03.17-31.03.17	
4	Дослідження альтернативної технології зварювання залізничної колії з рейкою типу Р65	03.04.17-17.05.17	
5	Дослідження альтернативної технології наплавлення залізничної колії з рейкою типу Р65	18.05.17-30.06.17	
6	Проектно-конструкторські розробки	3.07.17-31.07.17	
7	Розділ охорони праці та безпеки у НС	1.08.17-30.08.17	
8	Оформлення звіту та графічної частини	6.10.17-30.11.17	
9	Нормоконтроль і рецензія проекту	1.12.17-10.12.17	

Студент  Криворучко А.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)  Овчинников О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 144 с., 44 табл., 12 рис., 21 джерел, 2 додатки

Об'єкт дослідження – зварювально-наплавочна технологія при реконструкції та відновленні залізничної колії з рейками типу Р65 на залізничних дорогах загального призначення для руху пасажирських та вантажних поїздів, в тому числі прискорених і швидкісних.

Мета проекту – дослідження та розробка альтернативної більш ефективної зварювально-наплавочної технології контактного стикового зварювання колій та наплавлення зношених рейок типу Р65 для руху пасажирських та вантажних поїздів.

Метод розробки – розрахунково-аналітичний та експериментальний аналіз з використанням даних сучасних зварювальних технологій та обладнання.

Альтернативна технологія дозволить не тільки значно підвищити роботоздатність і ресурс роботи зварних з'єднань та місць з ремонтним наплавленням, але й значно підвищить безпеку та комфорт руху на залізничних шляхах України, що особливо актуально при переході на швидкісний залізничний рух.

Проведені аналітичні розрахунки, досліди та контрольні зварювання та наплавлення за цією роботою можуть слугувати базою для розробки відповідних технологій зварювання (наплавлення) та специфікацій процесу зварювання (Welding Procedure Specification).

ПОТЯГ, ЛОКОМОТИВ, КОЛІЯ, ШПАЛИ, КОРОЗІЯ, КОНТАКТНЕ ЗВАРЮВАННЯ, ВСТАВКА, СТИК, ТЕМПЕРАТУРНО-НАПРУЖЕНА КОНСТРУКЦІЯ, МІЖСЕЗОННІ НАПРУГИ, ГОЛІВКА, ГРАТ, ШЛІФУВАННЯ.

ABSTRACT

Soft: 144 p., 44 tabl., 12 fig., 21 sources, 2 appendix

The object of the study is welding and surfacing technology for the reconstruction and restoration of railroad tracks with rails of the type P65 on general railroad trains for the movement of passenger and freight trains, including accelerated and high-speed trains.

The purpose of the project is the research and development of an alternative more effective welding-inflammable technology of contact butt welding of tracks and surfacing of worn-out rails of the type P65 for the movement of passenger and freight trains.

Method of development - calculation-analytical and experimental analysis using data of modern welding technologies and equipment.

Alternative technology will not only significantly increase the working capacity and lifetime of the welded joints and places with the repair surfacing, but will also significantly increase the safety and comfort of the traffic on Ukrainian railways, which is especially important when switching to high-speed railway traffic.

POWER, LOCOMOTIVE, PULL, SPLIT, CORROSION, CONTACT WELDING,
INSERT, STYLE, THERMAL-STRESSED CONSTRUCTION,
INTERCONTINENTAL VOLTAGE, PULLEY, GRAFT, SLEEVING.

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ.....	2
РЕФЕРАТ.....	4
ABSTRACT.....	5
ВСТУП.....	9
1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ.....	10
2 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ І ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТ.....	13
2.1 Призначення, конструкція і матеріал виробу.....	13
2.2 Умови експлуатації залізничної колії, характер і механізм руйнування в результаті впливу експлуатаційних факторів.....	16
2.3 Труднощі, пов'язані із зварюваністю матеріалу, або умовами зварювання чи наплавлення і шляхи їх подолання.....	23
2.4 Базова технологія зварювання стиків залізничної колії.....	23
2.5 Аналіз існуючих технологій зварювання стиків рейок.....	24
2.6 Вибір оптимального хімічного складу проміжної вставки між зразками рельсової сталі М76.....	38
2.7 Базова технологія наплавлення зношених ділянок залізничної колії.....	41
2.8 Аналіз базової технології наплавлення залізничної колії.....	43
2.9 Технічне завдання на виконання дипломного проекту.....	45
3 ТЕХНІЧНІ УМОВИ НА ЗВАРЮВАЛЬНО-НАПЛАВОЧНІ РОБОТИ ТА ПРИЙМАННЯ ЗВАРЕНОГО (ВІДНОВЛЕНОГО) ВИРОБУ.....	47
3.1 Технічні вимоги із зазначенням певних показників якості і експлуатаційних характеристик виробу.....	47
3.2 Загальні положення по технології робіт, допуски.....	48
3.3 Вимоги до чистоти поверхні та допуски на механічну обробку.....	51
3.4 Вимоги до зварювальних матеріалів, флюсів, захисних газів.....	52
3.5 Методи і обсяг контролю. Критерії оцінки якості готових виробів. Способи виправлення дефектів.....	53

4 ДОСЛІДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ З РЕЙКОЮ ТИПУ Р65.....	55
4.1 Дослідження процесу стикового зварювання оплавленням за технологією базового підприємства.....	55
4.2 Випробування дослідних зразків за базовою технологією зварювання.....	58
4.3 Альтернативна технологія контактного стикового зварювання.....	63
4.3.1 Порядок проведення підготовчо-зварювальних робіт за альтернативною технологією зварювання рейок.....	63
4.3.2 Режими зварювання за альтернативною технологією. Циклограма контактного зварювання оплавленням.....	64
4.4 Контроль якості зварювання.....	66
4.5 Зварювальне та допоміжне обладнання за технологією.....	69
5 ДОСЛІДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ НАПЛАВЛЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ З РЕЙКОЮ ТИПУ Р65.....	74
5.1 Виготовлення електродів для альтернативної технології наплавлення.....	74
5.2 Наплавлення дослідних зразків за альтернативною технологією.....	75
5.3 Аналіз та обробка отриманих результатів наплавлення зразків.....	78
5.4 Технологія наплавлення рейок електродами марки НР-70К в умовах залізної дороги.....	79
5.5 Режими наплавлення дослідних зразків.....	79
5.6 Контроль якості наплавлення.....	80
5.7 Зварювальне та допоміжне обладнання за технологією.....	81
6 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКІ РОЗРОБКИ.....	85
6.1 Опис конструкції. Технічна характеристика та принцип роботи нестандартного допоміжного обладнання.....	85
6.2 Розрахунок приводу обертання транспортуючих барабанів на приймальному столі.....	86
6.3 Розрахунок і план ділянки.....	88
7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ....	93
7.1 Організація виробництва продукції.....	93

7.1.1 Технічне нормування технологічних операцій і розрахунок трудомісткості робіт.....	93
7.1.2 Виробнича програма.....	98
7.1.3 Розрахунок кількості обладнання та площі ділянки.....	98
7.1.4 Розрахунок чисельності персоналу ділянки.....	101
7.2 Планування витрат на виробництво.....	103
7.2.1 Матеріальні витрати.....	103
7.2.2 Вартість основних засобів.....	107
7.2.3 Фонд оплати праці персоналу.....	108
7.2.4 Собівартість продукції.....	111
7.2.4.1 Прямі витрати.....	111
7.2.4.2 Непрямі витрати.....	113
7.3 Економічне обґрунтування запропонованих розробок.....	116
7.3.1 Економічний ефект.....	117
7.3.2 Оцінка ефективності та результативності діяльності.....	118
8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	123
8.1 Аналіз потенційних небезпек.....	123
8.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки.....	124
8.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	128
8.4 Заходи з пожежної безпеки.....	131
8.5 Заходи забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	132
ВИСНОВОК.....	133
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	135
Додаток А Комплект специфікацій.....	137
Додаток Б Комплект документації.....	139

ВСТУП

Залізничний транспорт – вид наземного транспорту, перевезення вантажів та пасажирів по котрому забезпечується колісними транспортними засобами по рейковим шляхам. Залізничний транспорт, оснащений металевими колесами з ребордами, спрямовується залізничними шляхами колійного типу, по яким він проходить, спираючись на спеціально прокладені рейки.

Швидкість, з якою може рухатися потяг доходить до 140-160 км/год. Сучасна тенденція розвитку залізних доріг спрямована на збільшення швидкісного режиму руху від 160 км/год.

Для отримання високошвидкісного руху необхідні прокладення нових шляхів, або суттєва модернізація та реконструкція існуючих. Перспективою розвитку галузі в майбутньому є пошук нових технологій в конструюванні, будівництві та ремонтах залізничної колії для швидкісного руху поїздів.

Використання відомих дотепер технологій контактного зварювання та ремонтного наплавлення залізничних рейок не забезпечують достатньої надійності вказаних з'єднань, що негативно при подальшому розвитку швидкісного пасажирського руху в державі.

1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

На сьогоднішній день швидкісний і високошвидкісний рух – перспективний напрямок розвитку транспорту. Керівництво багатьох країн вважає його стратегічним, вкладаючи значні державні інвестиції в будівництво інфраструктури. В Україні ж динаміка розвитку швидкісного руху доки залишається на низькому рівні.

Темою дипломного проекту є розробка технології контактного стикового зварювання оплавленням стиків залізничної колії з рейкою типу R65, та вдосконалення технології ремонтного наплавлення зношених ділянок колій.

Зазначена тема є досить актуальною в галузі залізничного транспорту України через те, що:

- від якості зазначених робіт, в значній мірі залежить безпека залізничних перевезень, а також можливість виконання постанов та рішень керівництва держави, щодо впровадження швидкісного пасажирського руху, та створення міжнародних транспортних коридорів в нашій державі;
- запропоновані рішення, які здатні значно підвищити надійність зварних з'єднань стиків колій та міжремонтний ресурс наплавлених місць, що є досить актуальною проблемою для швидкісного залізничного руху в Україні через великі динамічні навантаження на залізну дорогу.

Конструкційна швидкість найбільш розповсюджених моделей локомотивів потягів України складає 110-160 км/год, HRCS2 «Hyundai Rotem» - 176. Українська залізниця (ГКІЮ 012817.001) поки що відстає від рівня японських, європейських і китайських швидкостей (більше 200 км/год) через абсолютно відсутні спеціально обладнані шляхи. Нормативна база, згідно котрої будувалися і експлуатуються залізні дороги України, допускає максимальну швидкість руху потягів – 160 км/год. В результаті середня маршрутна швидкість «Українські експresi» складає всього 114 км/год.

Норми [1-4] передбачають проектування залізної дороги з швидкостями

руху пасажирських потягів: швидкісних – до 200 км/год.

Певний інтерес при аналізі сучасного стану залізної дороги України та тенденції її розвитку, викликали статті провідних спеціалістів Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, спеціалістів ВАТ «Каховський завод електрозварювального обладнання», а також ВАТ «Дніпропетровський стрілочний завод», які висвітлюють проблеми, що виникають при проведенні зварювання залізничних рейок в Україні, і в котрих стверджується наступне:

Для швидкісного руху необхідно [5]:

а) Спеціальна конструкція залізної дороги повинна задовольняти вже новим сучасним міжнародним правилам і нормам, передбачати безстикову (зварну) конструкцію рейок на залізобетонних шпалах з наявністю урівнюючих прольотів для компенсації річних температурних напруг і лінійних переміщень. Європейські правила і норми взагалі не передбачують швидкісного руху по залізній дорозі зі стиковою конструкцією колій.

б) В Україні незадовільний технічний стан великого відсотка протяжності залізної дороги. На великих ділянках шляху максимальна швидкість руху потягів обмежена до 90 км/год. причини у відмовах до збільшення швидкісного режиму перевезень – наявність стиків колій через кожні 12,5 м шляху.

в) Більшість розповсюджених способів заварювання стика не вдовольняють повноцінно вимогам безпеки високошвидкісного руху, як в Україні, так і в країнах СНД, тому що вказаний зварний стик є слабким місцем у безстиковому залізничному шляху. Після того, як заварюються стики, рейковий шлях стає температурно-напруженим, а фіксуючі накладки на стиках знімаються. В роботі безстикового рейкового шляху з'являється небезпека тріщини зварного стика при русі потяга на високій швидкості і поява найнебезпечнішого дефекта температурно-напруженої конструкції шляху – викидання рейки під потягом (рис.1.1).

Україна є учасником програми по створенню міжнародних коридорів з залізничного забезпечення і підписала відповідний нормативно-правовий документ, що регламентує конструкцію і правила експлуатації залізної дороги

країн учасників програми міжнародних транспортних коридорів "Анализ параметров, являющихся определяющими для сохранения технической и эксплуатационной совместимости железнодорожной системы колеи 1520 мм на границе СНГ-ЕС" [2].



Рисунок 1.1 – Викидання колії безстикової температурно - напруженої конструкції

Незважаючи на те, що рейки зварюють і відновлюють шляхом наплавлення вже дуже тривалий час, актуальність вдосконалення існуючих та пошук нових технологій є актуальним завданням і на сьогоднішній день.

Враховуючи необхідність остаточного переходу до безстикових конструкцій залізничних колій, виникає значна актуальність вдосконалення існуючих технологій зварювання рейок між собою та технологій ремонтного наплавлення зношених поверхонь з метою покращення якості та надійності вказаних робіт, внаслідок збільшення динамічних навантажень на колії та зварні шви.

Зважаючи на те що, українська залізниця розвивається в європейському напрямку, при розробці технічних рішень за дипломним проектом, досить актуальним було питання можливості застосування спеціальних європейських стандартів (Єврокодів).

2 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ І ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТ

2.1 Призначення, конструкція і матеріал виробу

Рейки – це основний несучий елемент верхньої споруди шляху. Вони представляють собою сталеві бруси спеціального перетину, по котрому рухається рухомий склад.

Залізнична рейка типу Р65 призначена для передачі тиску та ударів від коліс рухомого складу та спрямування його руху. На ділянках з автоблокуванням рейкові нитки слугують провідниками сигнального струму, а на ділянках з електричною тягою – зворотнім провідником тягового струму.

Конструкція рейки (рис. 2.1) при виході із заводу-виробника представляє собою балку спеціального профілю довжиною, зазвичай, 12,5 м. Конструктив профілю рейки встановлюється у відповідності з ГОСТ Р 51685-200.

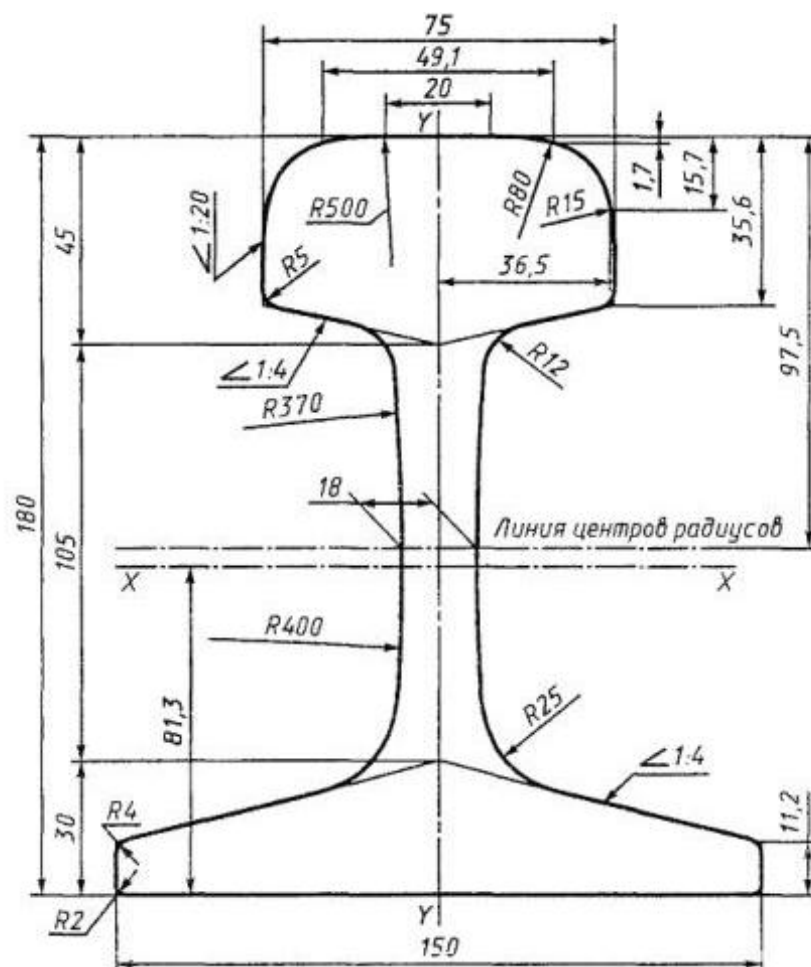
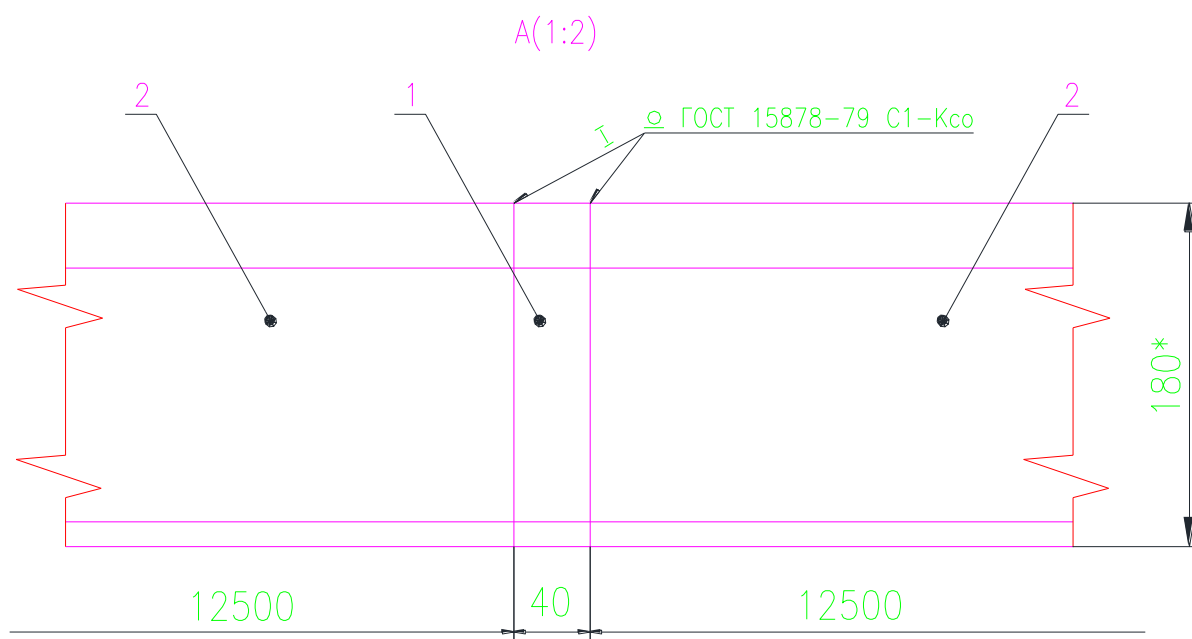


Рисунок 2.1 – Залізнична рейка типу Р65 ГОСТ 8161-75.

Стандартними та загальноприйнятими рейками на всіх дорогах світу є рейки широкопідшвені, що складаються з трьох основних частин: головки; підшви; шийки, що з'єднує головку з підшвою.

Для можливості встановлення на стикових ділянках шляху рейка обладнується заводськими отворами біля її кінців у відповідності з вимогами до встановлення фіксуючих болтів та бокових накладок.

Безстиківий шлях отримують зварюванням рейок довжиною 12,5 м (довжина прокату при виході з заводу) (рис. 2.2) в пліті довжиною до 700-900 м, частіше всього на місцях їх укладки (в умовах монтажу), або в спеціалізованих цехах з подальшим транспортуванням укрупнених плітей на монтаж.



1 – вставка; 2 – рейка.

Рисунок 2.2 – Зварне з'єднання залізничної рейки типу Р65.

Виготовляють рейки із спеціальної сталі М76, вставки зі сталі 12Х18Н10Т (табл. 2.1, 2.2).

Найважливіше значення для якості рейкової сталі має її макроструктура. Сталь повинна мати однорідну дрібнозернисту будову без шлаковин, волосовин, плівок, слідів неоднорідного розподілення хімічних добавок по перетину. Збільшення якості досягається суворим дотриманням технічних вимог і

безперервним вдосконаленням технології виготовлення сталі і прокату рейок.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталей, % по масі [7]

Марка сталі	C	Cr	Fe	Mn	Ni	Si	Ti	Al	S	P
M76 ГОСТ 24182-80	0,71-0,82			0,75-1,15		0,25-0,6		до 0,025	до 0,04	до 0,035
12X18H10T ГОСТ 2590-88	≤ 0,12	17-19,0	осн	≤ 2,0	9-11,0	≤ 0,8	до 0,8		≤ 0,02	≤ 0,035

Таблиця 2.2 – Механічні властивості при $t = 20^{\circ} \text{C}$

Марка сталі	Межа короткочасної міцності σ_B , МПа	Межа текучості σ_T , МПа	Відносне подовження при розриві δ_5 , %
M76 ГОСТ 24182-80	900	-	4
12X18H10T ГОСТ 2590-88	510	196	40

Питома вага рейкової сталі рівна $7,83 \text{ т/м}^3$.

Компоненти структури звичайної рейкової сталі – ферит, що складається з вільного від вуглецю заліза, і перліт.

Рейкова сталь набуває властивість до значного опору зносу та в'язкість при сорбітовій структурі, котра утворюється в результаті спеціальної термічної обробки. В наш час найбільше розповсюдження отримало об'ємне гартування рейок. Воно підвищує пластичність і в'язкість, збільшує втомну міцність та стійкість рейок проти утворення поперечних втомних зламів. Експлуатаційна стійкість таких рейок в 1,3-1,5 рази вище від експлуатаційної стійкості незагартованих рейок.

2.2 Умови експлуатації залізничної колії, характер і механізм руйнування в результаті впливу експлуатаційних факторів

Вага кожного вагона складає біля 60 т

На залізничну колію діють багато видів навантажень (статичні, динамічні, ударні), що провокують багато видів зношування (схоплювання, викришування поверхневих шарів, механічний знос, внаслідок тертя (проковзування) металу об метал, абразивне зношування та ін). Підвищити зносостійкість по відношенню до всіх факторів зношування є досить актуальною, та не вирішеною задачею і сьогодні, через те що, для цього потрібно аби легуючий елемент мав протирічні властивості (наприклад, для підвищення стійкості до абразивного зношування необхідно підвищувати твердість сталі, тоді як підвищена твердість та відповідно менша пластичність є причиною викришування поверхневого шару під дією високих контактних напружень та ударів) [8].

Основні вимоги до рейок полягають у тому, що вони повинні бути стійкими і міцними; мати найбільший строк служби; забезпечувати безпеку руху потягів; бути зручними і недорогими в експлуатації та виготовленні. Рейки повинні бути міцними, довговічними, надійними в експлуатації, тобто зносостійкими. Призначення і економічні міркування визначають наступні вимоги до рейок:

а) Для забезпечення безпеки руху потягів, що передають значні осьові навантаження, з максимальними швидкостями, рейки повинні бути важкими. В той же час для економії металу і зручності навантаження, розвантаження та заміни, ці рейки повинні мати раціональну і, по можливості, найменшу вагу.

б) Для найкращої протидії згину під рухомим навантаженням рейки повинні бути достатньо жорсткими (мати найбільший момент опору). В той же час для запобігання жорстких ударів коліс о рейки, що можуть викликати вихід з ладу окремих деталей ходових частин рухомого складу, а також зминання і навіть тріщини в рейках, необхідно, щоб рейки були достатньо гнучкими.

в) Для того, щоб рейки від ударно-динамічних впливів колес рухомого

складу не виходили з ладу, матеріал рейок повинен бути достатньо в'язким. Одночасно, внаслідок того, що передача тиску від коліс йде концентровано по дуже невеликим ділянкам, в місцях контакту потрібно, щоб метал рейок не зминався, не зтирався, довше слугував і був достатньо твердим.

г) Для забезпечення достатньої сили зчеплення між рейками і рухомими колесами локомотивів необхідно, щоб поверхня кочення рейок була шорсткою. Для зменшення ж опору руху решти коліс – вагонів, тендерів і підтримуючих коліс локомотивів необхідно, щоб поверхня кочення рейок була гладкою.

Зношування рейок – результат зтирання їх головок, що виникає при взаємодії з колесами рухомого складу. Основними факторами, що визначають зношування рейок, є: окружні зусилля, які передають колеса, ковзання коліс по рейкам; нормальний (вертикальний) тиск колес на рейки і загальна вага вантажів (тонаж), пропущений по рейкам; план та профіль шляху, вага та швидкість руху поїздів; конструкції шляху, рухомого складу та їх стан; профіль контактуючих поверхонь рейок та коліс; конічність бандажів коліс та нахил рейок; якість металу рейок та коліс; стан та шорсткість контактуючих поверхонь; величина і форма факторів, що передують зношенню рейок та коліс; розташування зношеного місця на рейці.

Допустимий вертикальний знос h_v рейок встановлюється з умови забезпечення їх міцності і безпеки руху потягів. Нормативами регламентуються такі види зносу: боковий h_b і приведений ($h_v + 0,5 h_b$) [8] (рис. 2.3).

На вітчизняних залізних дорогах максимально допустимий знос рейок всіх видів встановлений диференційно для різних типів рейок з урахуванням призначення і категорії шляху, вантажонапруженості ліній і швидкості руху.

Для ліній зі швидкісним рухом потягів (121-160 км/год), крім цього, регламентовані глибина місцевого зносу головок рейок у вигляді вибоїн та хвилеподібних нерівностей, а також провисання кінців рейок та ін.

Рейки, зношені понад норми є дефектними і замінюються в плановому порядку. Значення допустимого рівномірного зносу рейок залежить від типу рейок і категорій шляху. Наприклад, приведений (боковий) знос головки рейки на

головних шляхах зі швидкостями руху пасажирських потягів 141-160 км/год для рейок типу Р75 і Р65 складає 8(6) мм. Вертикальний знос головки рейки при стикуванні двоголовими накладками (незалежно від категорій шляху) складає 13 мм (для Р75 і Р65) і 10 мм (для Р50).

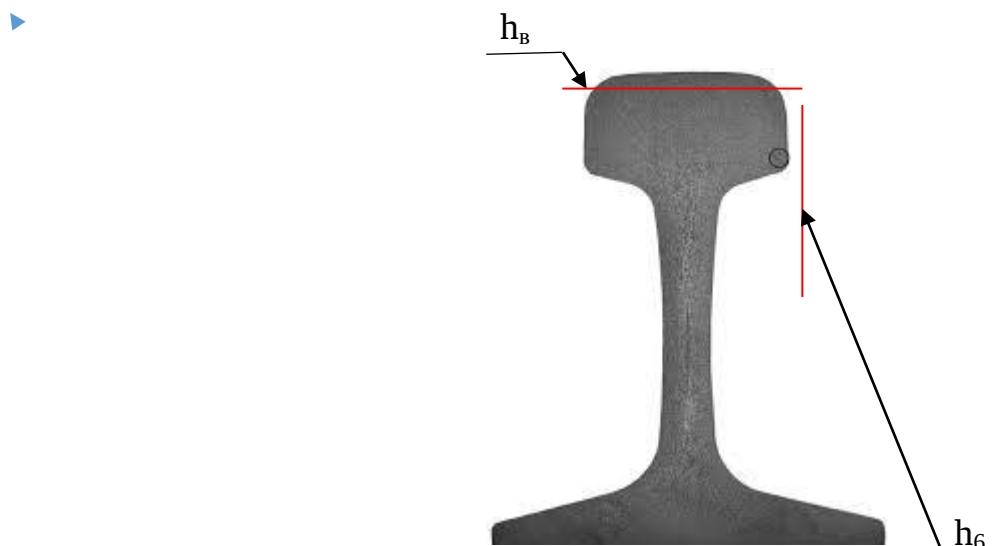
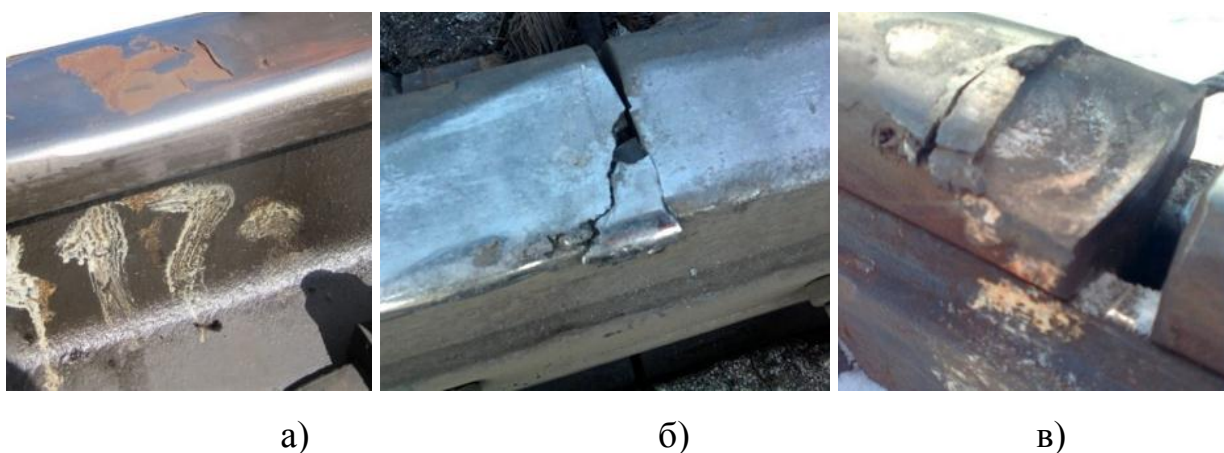


Рисунок 2.3 – Схема визначення зношування профілю рейки.

Типові фото розповсюджених дефектів рейок – рис. 2.4



а) – відшарування поверхневого шару; б) – відкришування частин в зоні стику; в) – змінання поверхні кочення в зоні стику.

Рисунок 2.4 – Типові дефекти головки рейки.

На ризики руйнування рейок та сходження рухомих складів з колії впливають і внутрішні дефекти, котрі можуть бути наявними внаслідок дефектів литва і особливо часто – дефектів зварних швів.

Відшарування та відкришування металу на поверхні кочення головки рейки з'являються, як правило, при порушенні технології виготовлення рейок з-за

недостатньої контактної міцності рейки при забрудненні металу неметалічними включеннями, витягнутими вздовж напрямку прокатки у вигляді доріжок, розташованих на глибині 3 - 8,5 мм від поверхні кочення.

Вибоксовини та гартовочні тріщини в місцях пробуксовки колії утворюються на рейках, розташованих перед входними сигналами на станційних шляхах, особливо у водонапірних колонок, на тормозних ділянках шляху і т. ін.

Відкришування та відшарування металу на поверхні кочення в загартованому шарі головки рейки виникають і розвиваються із-за неналежної якості загартування колій.

Поперечні тріщини втоми в голівці (світлі чи темні плями) та злами із-за них – найбільш небезпечний дефект контактно-втомного походження. Виникає з різних механічних пошкоджень: при проходженні коліс з проковзуванням, від ударів по голівці рейки шляховим інструментом, рейки об рейку та ін. та розвивається всередині голівки рейки без зовнішніх проявів.

Вертикальне розшарування головки і шийки рейки – небезпечні дефекти. Вони частіше всього виникають в середній частині голівки в будь-якому місці по довжині рейки та в шийці рейки з-за залишків усадочної раковини, неметалеві включення та скупчення домішок сіри та фосфору.

Горизонтальні розшарування голівки рейки виникають і розвиваються звичайно в будь-якому місці по довжині рейки в середній частині по висоті голівки. Основна причина цього дефекту - забруднення металу неметалічними включеннями та газові бульбашки і флокени, витягнуті вздовж прокатки.

Косі та продольні тріщини в шийці від болтових чи інших отворів утворюються в тому випадку, коли стик – найменш міцна частина рейкової нитки – піддається найбільшим впливам, що викликані ударами коліс при проходженні стикових зазорів. На ділянках шляху, де рейкові стики утримуються неналежно (провисають кінці рейок, ненормальні стикові зазори, тріснуті накладки, неповне затягнення гайок у стикових болтів та таке інше), напруження в стикових частинах рейок в декілька разів більше, чим в добре доглянутих стиках.

Волосовини в підшві, тріщини та відколи частини підшви – один з розповсюджених та небезпечних дефектів. Продольні тріщини в підшві часто призводять до відколу підшви рейки чи непередбаченому крихкому її зламу при русі потягу. Крихкі злами рейок відбуваються поблизу шпали у країв підкладки, а відколи підшви, як правило, на шпалі.

Закалочні тріщини виникають в основному в голівці рейки з-за порушення технології закалки на металургічних заводах, наприклад при нерівномірному нагріві та охолодженні їх в процесі загартування.

Тріщини в голівці після приварки рейкових з'єднувачів виникають та розвиваються з-за неправильного виконання зварювальних робіт. В місцях приварки утворюються невеликі зварювальні тріщини, котрі в подальшому розвиваються в поперечні, а інколи, в продольні, що призводять до зламу чи відколам головки рейки.

Корозійно-втомні тріщини в підшві рейки виникають та розвиваються на ділянках шляху з роздільним закріпленням в місцях, де між підкладкою та підшвою рейки вкладають прокладки, що мають велику вологоємність, наприклад дерев'яні. Просякнувши підкладку, волога викликає інтенсивну корозію підшви рейки: на ній утворюються коверни, концентруючі напруги і, як наслідок – поперечні тріщини втоми, що знаходяться в розтягнутій зоні і призводять до зламу рейок навіть при невеликих по площі тріщинах.

Тріщини в зварних стиках виникають з-за наявності в зварних з'єднаннях силікатних включень, пухирів, непроварів, кратерних усадок та незадовільній обробці зварних швів.

Основні типи дефектів залізничних рейок – рис. 2.5 [9]. Дефект, позначений двозначним основним числом та допоміжною третьою цифрою:

- перша цифра показує вид та місце розташування дефекта чи пошкодження (головка, шийка, підшва):

1 – відшарування чи відокремлення металу на поверхні кочення головки рейки;

2 – поперечні тріщини в голівці та злами по ним;

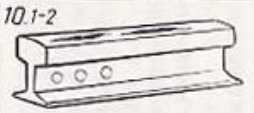
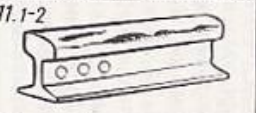
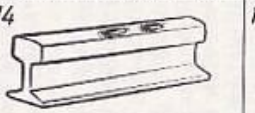
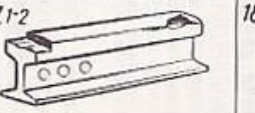
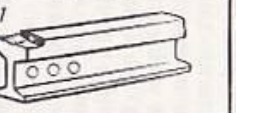
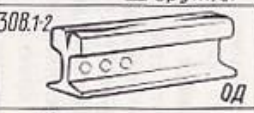
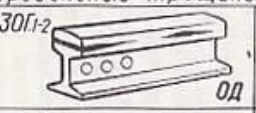
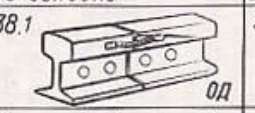
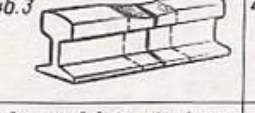
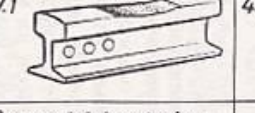
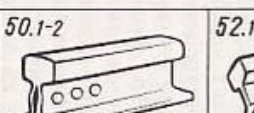
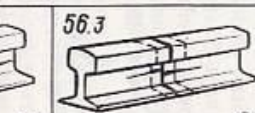
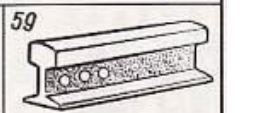
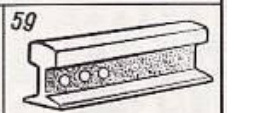
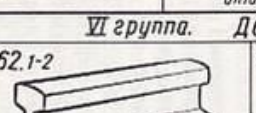
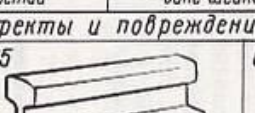
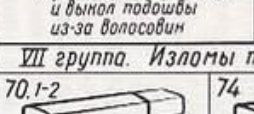
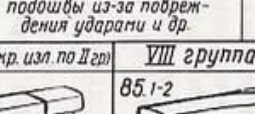
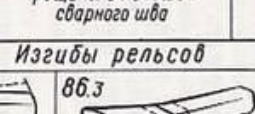
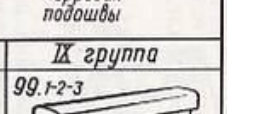
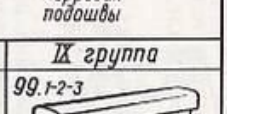
I группа. Отслоение и выкрашивание металла на поверхности катания головки рельса					
10.1-2 	11.1-2 	14 	17.1-2 	18.1 	
Выкрашивание из-за волосовин, закатов, плен и других дефектов металла	Выкрашивание из-за недостаточной контактно-усталостной прочности металла	Пробоксовка колесами локомотивов	Выкрашивание закаленного слоя (при отсутствии наплавки)	Выкрашивание наплавленного слоя	
II группа. Поперечные трещины в головке рельса и изломы					
20.1-2 	21.1-2 	24 	25 	26.3 	27.1-2 
Трещины и изломы из-за внутренних надрывов (флюсов, газовых пузырей и др.)	Трещины и изломы из-за недостаточной контактно-усталостной прочности металла	Трещины, вызванные прокатом колес с ползунами, юзом и болсоданием (без излома)	Трещины и изломы, вызванные ударами по рельсу или другими повреждениями	Трещины и изломы в сварном стыке	Закалочные трещины в закаленном слое металла и изломы из-за них
III группа. Продольные трещины в головке			IV группа. Смятие и неравномерный износ головки		
30В.1-2 	30Г.1-2 	38.1 	40 	41.1-2 	
Вертикальное расслоение головки	Горизонтальное расслоение головки	Трещины, вызванные приваркой стыкового соединителя	Волнообразная деформация головки (длинные волны)	Смятие и вертикальный износ из-за недостаточной прочности металла	
V группа. Смятие и неравномерный износ головки					
43 	44 	46.3 	47.1 	49 	
Смятие головки внутреннего рельса в кривой из-за его перекоса	Боковой износ сверх допустимых норм	Смятие в виде седловины в месте сварного стыка	Смятие в виде седловины в болтовом стыке	Волнообразная деформация головки	
VI группа. Дефекты и повреждения шейки					
50.1-2 	52.1-2 	53.1-2 	55 	56.3 	59 
Расслоение шейки	Продольная трещина в шейке	Трещина от болтовых отверстий	Продольная трещина посередине шейки	Трещина в шейке в сварном шве	Коррозия шейки
VII группа. Дефекты и повреждения подошвы					
60.1-2 	62.1-2 	65 	66.3 	69 	
Продольные трещины и выкол подошвы из-за волосовин	Выкол подошвы без видимых дефектов металла	Трещины и выкол подошвы из-за повреждения ударами и др.	Трещины в подошве сварного шва	Коррозия подошвы	
VIII группа. Изломы по всему сечению рельса (кр. изл. по II гр.)			IX группа. Изгибы рельсов		X группа
70.1-2 	74 	79 	85.1-2 	86.3 	99.1-2-3 
Из-за шлаковых включений и других дефектов металла	Вызванные проходом колес с ползунами и др.	Без видимых пороков в изломе	Изгиб рельсов в любой плоскости	Изгиб в сварном стыке	Прочие дефекты

Рисунок 2.5 – Основні дефекти залізничних рейок

3 – продольні, вертикальні і горизонтальні тріщини в голівці;

4 – зминання і нерівномірний знос голівки;

5 – дефект чи пошкодження в шийці;

6 – дефект в підшві;

7 – злам по всьому перетину профілю рейки;

8 – згин рейки в вертикальній чи горизонтальній площині;

9 – інші дефекти і пошкодження.

- друга цифра – різновидність з урахуванням головної причини:

0 – дефекти і пошкодження, що виникли з-за недоліків в технології виготовлення рейок;

1 – недостатня контактено-втомна міцність металу;

2 – недоліки в профілі рейки чи в конструкції стикового закріплення;

3 – недоліки в поточному утриманні шляху;

4 – ненормальний вплив на рейки рухомого складу (пробуксовки та ін);

5 – удари інструментами та інші механічні впливи;

6 – порушена технологія зварювання;

7 – дефекти в технології гартування;

8 – недоліки в технології наплавки рейок чи в приварюванні рейкових поєднувачів.

- третя цифра – місце дефекту чи пошкодження по довжині рейки (1 – в стику, 2 – поза стиком, 3 – в зварному стикі).

Найбільш розповсюдженим дефектом головки рейки є дефект 17.1-2 «Відкришування загартованого шару», котрий найбільш часто виникає на кінцях рейок в зоні стиків (рис. 2.5).

В доповнення до вказаних дефектів рейкового шляху необхідно вказати також такі суттєві дефекти як – знос, тріщини та ін. Дефекти направляючих гостриків боксовин та крестовин стрілочних переводів (рис. 2.6).



а



б

Рисунок 2.6 – Дефект гострика стрілочного переводу (а) крестовин рейки (б)

2.3 Труднощі, пов'язані із зварюваністю матеріалу, або умовами зварювання чи наплавлення і шляхи їх подолання

Рейки виготовляють з вуглецевих сталей, що є важко зварюваним матеріалом, котрий схильний до тріщиноутворення в процесі зварювання.

2.4 Базова технологія зварювання стиків залізничної колії

Електроконтактний спосіб зварювання заснований на нагріві торців рейок електричною дугою, що збуджується струмом великої сили і низькою напругою. В стаціонарних умовах зварювання проводять на зварювальних машинах МСГР-500, МС-5002, К-190, К-190М, К-190П, МСР-6301; в умовах шляху – машинами ПРСМ, обладнаними контактними голівками К-155, К-255, К-355 [11]. Зварювання рейок може проводитися як тих, що лежать на шляхах, безпосередньо по котрому рухається машина, так і рейок, вкладених вздовж цього шляху, всередині чи ззовні колії, на відстані 2600 мм від осі шляху.

Електроконтактний спосіб зварювання рейок забезпечується методом безперервного оплавлення кінців (машини К-190, К-355) чи методом перервного їх підігріву (машини МСГР-500).

Перевагами даного способу є:

- однорідна структура металу в області стику залізничних рейок;
- висока якість отриманого з'єднання;
- однорідна структура металу в області стику залізничних рейок;
- висока якість отриманого з'єднання;
- малі затрати часу на саме зварювання.

Недоліки електроконтактного зварювання рейок:

- потреба у висококоштовних шляхових рейкозварювальних машинах;
- потреба в довготривалих вікнах для їх доставки на місце зварювання і послідувочої евакуації;
- потреба в достатньо великій бригаді робітників;
- зміна фізико-механічних властивостей рейок в зоні контакту з кліщами, що в подальшому слугує причиною появи дефектів;
- неможливість зварювання стиків в районі стрілочних переводів;
- є висока ймовірність появи структур гартування в зоні зплавлення кромки;
- неможливість легування зварних швів хімічними елементами;
- значні габарити зварювальних машин.

Стики зварені контактними машинами є слабкою ланкою при роботі температурно-напруженої конструкції колії, а тим паче при подальшому збільшенні швидкісного руху по них.

2.5 Аналіз існуючих технологій зварювання стиків рейок

Є більше 70 різновидностей зварювання стиків рейок, кожний призначений для своєї сфери застосування, в котрій в максимальному ступені проявляються його переваги і в мінімальному - його недоліки. Економічна і технологічна ефективність застосованого виду зварювання, в першу чергу, залежить від властивостей матеріалу що підлягає зварюванню та від конструктивних і експлуатаційних особливостей деталей. Розглянемо найбільш розповсюджені способи зварювання рейкових стиків (ГКІО 012817.003).

Одним з самих розповсюджених методів, котрий застосовується при зварюванні рейок в пліті, є електродугове зварювання [10].

Ручне дугове зварювання стиків

В данному випадку рейки вкладаються в проектне положення, а простір між

їх стиками пошарово поступово заповнюється необхідним зварювальним матеріалом. Останній розплавляється від температури дугового розряду.

Самим оптимальним варіантом є ванний метод. При цьому кінці рейок, попередньо обрізані перпендикулярно їх продольній осі, монтуються без перелому. При цьому в профілі повинно бути підвищення від 3 до 5 мм. В такій позиції рейки повинні бути закріплені із зазором від 14 до 16 мм. Між торців залізничних рейок вводиться електрод, через котрий пропускається струм 300 - 350 А. В результаті, розплавлений метал електроду заповнює зазор між торцями, рівномірно по всьому перетині. Для виключення розтікання металу використовуються різні методи закривання зазора між рейками. Після зварювання місце роботи шліфується по всьому периметру. Зварювання проводиться на постійному чи змінному струмі електродами діаметром 5 мм марки УОНИ-13/55А та УОНИ-13/85у. Живлення дуги отримується від стандартного електрозварювального обладнання типу СТЭ-34; ПС-500; ПАС-400 та ін.

Підготовку стиків під зварювання, як правило, проводять на шпалах. Кінці рейок обрізають по кутнику механічними засобами або газом. Після обрізання газом торці рейок необхідно очистити від окалини. Стик повинен бути вивірений у вертикальній і горизонтальній площинах, після чого він підвищується на 1,0 – 1,5 мм на 1 пог.м.

Регулювання величини підйому стика проводять дерев'яними клинами, а перевірку – спеціальною сталюю метровою лінійкою з регульованими по довжині штифтами на кінцях.

Зазор між зварюваними рейками повинен бути 12 - 15 мм чи 1,5 діаметра електрода з урахуванням товщини шару обмазки.

Технологічно заварювання рейкового стика можливо розділити на дві головні операції: зварювання підосви, шийки і голівки.

Зварювання підосви проводять на відокремлюваній (сталевій) чи зйомній мідній пластині. Довжина цієї пластини на 20 мм більше ширини підосви рейки, а ширина пластини 40 мм.

Якщо виявлені будь-які дефекти, наступну їх підварку можна проводити

при температурі стика не менше 300 °С.

Для того, щоб зменшити вплив людського фактора у процес зварювання в останній час з'являються спеціальні засоби механізації електродугового зварювання (наплавлення) стика рейок штучним електродом.

Переваги ручного дугового зварювання рейок:

- можливість зварювання в будь-яких просторових положеннях;
- можливість зварювання в місцях з обмеженим доступом;
- простота і транспортабельність зварювального обладнання.

Недоліки ручного дугового зварювання рейок:

- низкий ККД і продуктивність у порівнянні з іншими технологіями зварювання;
- якість з'єднань багато в чому залежить від кваліфікації зварювальника;
- шкідливі умови процесу зварювання;
- значні тепловкладення в основний метал, збільшена зона температурного впливу, можливість відпуску загартованого металу в навколошовних зонах.

Електродугове зварювання закладним електродом

Зварювання закладним електродом є вдосконаленим варіантом процесу електродугового ванного зварювання і відрізняється тим, що з метою підвищення продуктивності і якості зварного з'єднання замість електродів для ручного дугового зварювання використовується спеціальний плоский електрод, форма якого подібна перетину зварюваної рейки. Цей електрод встановлюється в зазорі між зварюваними рейками, стик закривається формуючими пристосуваннями, на кінці електроду запалюється дуга і починається процес зварювання, котрий проходить в автоматичному режимі. Час зварювання одного стику в залежності від типорозміру рейки складає 5-8 хв при номінальному зварювальному струмі 500 - 600 А.

Після встановлення зварювального обладнання і допоміжних пристроїв, виконують процес зварювання стику рейок.

Даний спосіб є найбільш продуктивним при умові серійності виробництва і не потребує наступної термообробки. Якість шва за механічними властивостями

не поступається звичайним дуговим процесам зварювання. Також економиться сам метал, так як зварювання виконується в вузький зазор рівний 8-10 мм.

Процес оснований на здатності електричної дуги самостійно переміщуватися по торцю плаского ізолюваного електрода великого перетину (до 1000 мм²), попередньо закладеного в стик між зварюваними деталями (рис. 2.7). При цьому автоматично встановлюються основні параметри режиму зварювання і забезпечується ефективний опір стика при низьких щільностях струму на електроді в діапазоні 0,7-3,0 А/мм².

Закладний електрод має спеціальне ізолююче покриття товщиною до 1,5 мм. Крім електроізолюючих властивостей, покриття електроду забезпечує ефективний газошлаковий захист зони зварювання (вміст залишкового водню в шві менше 5 см³/100 г), а також рафінування і додаткове легування металу шва.

Дефіцит металу шва компенсується або за рахунок переміщення в зону зварювання самого закладного електрода, або посередництвом подачі через нього порошкового чи суцільного дроту.

При використанні дроту для компенсації дефіциту металу шва закладний електрод виконує функцію нерухомого плавленого мундштука.

Формування поверхні шва виконується мідними боковими накладками чи повзунами. Вони ж забезпечують виведення з зони зварювання надлишку шлаку, що виключає перехід процесу з електродугового в електрошлаковий.

Перевагами даного способу є:

- висока та стабільна якість зварних з'єднань;
- висока продуктивність — 2–3 стика в годину на одній установці;
- зварювання ведеться порошковим дротом суцільного складу, при цьому не потрібен захисний газ чи флюс;
- висока мобільність, що особливо важливо при виконанні ремонтних робіт.

Недоліки зварювання рейок закладним електродом:

- втрати часу на встановлення та ретельне центрування додаткової оснастки та обладнання;

- значні тепловкладення в основний метал, збільшена зона температурного впливу, можливість відпуску загартованого метала в навіколошовних зонах.

Газопресове зварювання стику колій

Дана технологія заснована на з'єднанні металів при температурі, котра знаходиться в межах нижче точки розплавлення металу, але при високому тиску.

Вказаний тип зварювання дуже ефективний при з'єднанні важких залізнодорожних рейок. Перед проведенням зварювання, кінці залізничних колій щільно притискаються один до одного. Потім, за допомогою дискової пилки колійорізного станка чи механічною ножовкою проводиться одночасне прорізання торців обох рейок. В результаті забезпечується максимальна чистота металу, а також висока щільність прилягання. Перед самим процесом зварювання торці промивають чотирихлористим вуглецем або дихлоретаном.

Підготовчий етап безпосередньо перед зварюванням заключається в нагріванні кінців рейок, для чого застосовуються багатополумєнєві пальники.

Після цього кінці рейок повинні бути затиснуті за допомогою гідравлічного пресу з послідуєчим підігрівом до 1200 °С за допомогою все тих же багатополумєневих пальників. Останні виконують коливальні рухи з частотою 50 коливань за хвилину вздовж отриманого стику. Разом з тим, рейки стискаються з силою від 10 до 13 т. В результаті виходить осадка близько 20 мм. Для забезпечення описаних дій використовуються універсальні газопресові станки. Після завершення зварювання отриманий стик обробляється. Після цього проводиться також його нормалізація.

Перевагами даного способу є:

- однорідна структура металу в області стику залізничних рейок;
- висока якість отриманого з'єднання.

Недоліками даного способу є:

- потреба в спеціальному газовому обладнанні для нагріву;
- потреба в спеціальному пресовому обладнанні;
- неможливість легування металу зварного шва.

Алюмотермітне зварювання

Алюотермітне зварювання не тільки не потребує громіздких коштовних зварювальних машин з великою кількістю спеціально навченого персоналу, але й (що немаловажливо) довготривалих вікон у русі.

Бригада з чотирьох чоловік за зміну виконують декілька стиків, якість котрих миттєво контролюється. Таким чином, забезпечується висока економічна ефективність цього способу зварювання рейок.

В останні роки, вказаною технологією зварювання стиків рейок користуються в більшості випадків, тому цей метод можна назвати одним з основних при проведенні зварювання колій в Україні та за її межами.

Технологія алюотермітного зварювання полягає в реакції, котра виникає при контакті оксиду заліза та алюмінію. Сталь в тигелю, котра виникає при розплавленні шихти в описаних умовах при температурі більше 2000 °С, повинна заливатися в вогнетривку форму, котра повністю ідентична геометрії самої рейки.

Після зварювання зайвий грат убирають абразивним інструментом, а голівку рейки шліфують. Після місцевого шліфування рекомендоване застосування спеціального рейкошліфувального потягу.

Не всі технології зварювання стиків колій зручно застосовувати в польових умовах, виняток – алюотермітне зварювання. Алюотермітне зварювання рейок є достатньо зручним і ефективним методом для данної цілі. В ній використовується спеціальний пристрій, котрий називається запальником. Він призводить до підвищення температури завдяки однопорційному заряду. Це не потребує наявності електроенергії поруч і дозволяє досягати температури до 2000 °С, що достатньо для плавлення практично всіх видів рейок. Реакція проходить на протязі всього 20 с. В цей час відбувається утворення рідкого шлаку і металу, котрий піднімається вгору. Коли відбувається випуск, то рідкий метал витікає з тигелю і потрапляє в форму. Коли він досягає меж сердечника, то рівномірно розтікається в вільний простір зазору. В цей же час діє нагрівач рейок, котрий розплавляє їх кінці. Таким чином і відбувається термітне зварювання рейок, коли молекули одного матеріалу протікають в інший. Даним способом можливо проводити зварювання загартованих сортів металу, котрі мають об'ємну

поверхню. Також можливий варіант з'єднання загартованих і незагартованих різновидів. Під час даного процесу використовуються терміти високої міцності, котрі можуть витримувати навантаження до 1200 кН/мм. Якщо робота ведеться з незагартованим металом, то достатньо міцності в 900 кН/мм. Дане обладнання не рекомендується використовувати при низьких температурах, тому технологія алюмотермітного зварювання рейок не дозволяє проводити даний процес при температурі нижче + 5 °С.

Для формування шва необхідно використовувати один сердечник і дві форми. Форма визначається згідно маркованому профілю самих рейок. Щоб закріпити тигель, знадобиться тигельна пробка. Вона розташовується в трубі, де також міститься пісок, що потрібен для герметизації. Також тут знадобиться пробійник і аплікатор. На аплікаторі розташований магніт. Він допомагає утримувати пробку, що встановлюється в горловину тигеля. Коли аплікатор видаляється, термітна суміш засипається у відповідну ємність. Запальник піднімає температуру до заданої зарядом межі. Суміш запалюється і починається хімічна реакція. Окис заліза під впливом високої температури і алюмінію перетворюється в залізо у чистому виді. Завдяки наявності додаткових домішок можливо отримати сталь високої якості. Окислений алюміній сприяє підняттю розплавленого шлаку до гори. В цей час температура реакції підвищується до 2400 °С. Після закінчення реакції шлак і сталь випускаються через горловину тигелю.

Підготовка металу під зварювання. Для цього спочатку послаблюють кріплення рейок біля стику, а ті, котрі знаходяться на місці зварювання – повністю знімаються. Рейки нагрівають і очищують від іржі. Поверхня чиститься до гладкого стану. Потім, за допомогою клинів, виріб вивіряється горизонтально і вертикально. Рейки встановлюються із зазором в 2,5 см і до них підводиться різак. Різання проходить в три основних етапи, на кожному з котрих відрізається частина виробу і поверхня очищується від шлаку.

Таке зварювання рейок потребує точної прямолінійності, так як по цьому шляху будуть ходити важкі потяги. Першим чином видаляються прокладки

кріплень. Замість них встановлюються клини по обом сторонам. Спочатку все монтується попередньо, а потім підганяється ударами молотка до потрібного стану. Точність положення рейки перевіряється метровою металевою лінійкою. Щоб компенсувати просадку шва, роблять невеликий зазор рівний близько 1 см.

Алюмотермітне зварювання рейкових стиків повинно проводитися при герметичних формах. Орієнтуючись на вимірювач, зажимний пристрій слід встановлювати на потрібній відстані. Пальник ставиться по центру майбутнього шва безпосередньо над віссю рейки.

Герметизація зазорів відбувається за допомогою шпателью, котрий забезпечує чисту грань між швом і піском. Щоб це було максимально щільно, слід форму притискувати до шва. Потім необхідно перевірити підгонку сердечника і заперти головку рейки кришками.

Тиск пропану встановлюється на 1,5 Бар, а кисню на 5 Бар. З такими параметрами проводиться попередній підігрів і наступна підсушка сердечника. Подача полум'я проводиться протягом 2 хвилин. Після цього пальник знімається, встановлюється сердечник і повертається тигель. Для підпалу заряду використовується запал з високою температурою горіння. Через декілька секунд рідкий метал заливається в форму. В цей час тигель повинен бути в стабільному положенні. Коли вся маса виллється, тигель знімається разом з кришками і шлаковими піддонами. Для повної кристалізації необхідна витримка близько 4 хвилин часу.

Після зварювання стик повинен бути оброблений по боковим поверхням і поверхням катання до гладкого стану. Це забезпечується шляхом зрізання наплавів в гарячому стані. Для цього проводиться нагрів пальником, котрий триває близько 10 хвилин, а потім поверхню оброблюють шляхом механічної обробки.

На заключному етапі проводиться шліфування абразивними інструментами. Для контролю якості обробки використовують щуп та лінійку. Слід добитися того, щоб все було прямолінійним. Максимальне відхилення від заданих розмірів складає не більше 1 мм.

На етапі відпрацювання режимів зварювання та під час їх проведення потрібна перевірка правильності кожної операції. Якість з'єднання визначають перевіркою на стичний вигин контрольних зразків. Це може бути розтягнення в підшві чи голівці виробу. Дослідні зразки можуть випробовуватися на злам. Контроль під час виконання процедур проводиться вимірними інструментами.

Алюмотермітне зварювання рейок – це відносно безпечний робочий процес. Роботу повинен виконувати кваліфікований зварювальник – терміст. Під час проведення робіт слід дотримуватися правил експлуатації залізних доріг. Робітники повинні мати та використовувати спеціальний одяг та захисні окуляри. В них повинні бути діелектричні перчатки, сигнальні желети і ізольовані інструменти.

Мінімальна довжина зварюваних рейок повинна бути не менше 6 м для головних шляхів всіх класів і не менше 3 м на стрілочних переводах і решті шляхів всіх класів.

При алюмотермітному зварюванні можливе легування термітної сталі. Воно, в основному, спрямоване на збільшення вмісту вуглецю та марганцю в металі.

Внаслідок дефектів лиття при алюмотермітному зварюванні, та внаслідок недостатнього (нерівномірного) легування зустрічаються дефекти зварних швів: дефект зварного стика рейок; тріщина від раковини в зварному шві; злам рейки по зварному шву в голівці та шийці.

Перевагами даного способу є:

- Дозволяє проводити роботи на значному віддаленні від стаціонарних джерел живлення і не потребує електроенергії для процесу;
- Відносно швидко відбувається розігрів, а відповідно, і сам процес зварювання проходить швидше;
- Достатньо безпечний для спеціалістів;
- Можливість проведення зварювання в важкодоступних місцях стрілочних переводів, на мостах та в тунелях;
- Мінімальна кількість зварювальників-термістів на один комплект

обладнання;

- Швидкий, економічний процес.

Недоліки алюмотермітного зварювання рейок

- Потребує дуже якісної підготовки для отримання високоякісного результату;
- Висока гігроскопічність процесу;
- Пожежо та вибухонебезпечний процес при порушеннях техніки безпеки;
- Неможливість керування процесом;
- Висока залежність працездатності зварного з'єднання від режимів і рівномірності підігріву стика;
- Складність прогнозування хімічного складу зварного шва через неповний перехід легуючих елементів до металу шва;
 - Ймовірність появи внутрішніх порожнин та пор ливарного походження;
 - Наявність великої кількості грату після зварювання.

Після ретельного аналізу найрозповсюджених та освоєних технологій зварювання залізничних рейок між собою при переході на безстиківий залізничний шлях встановлено, що перспективною є технологія контактного стикового зварювання безперервним, або пульсуючим оплавленням. Це обумовлено в першу чергу найменшим відсотком можливої появи післязварювальних дефектів, а також можливістю за допомогою коректування технології зварювання впливати на їх появу, кількість та ін.

Обраний процес контактного стикового зварювання з імпульсним оплавленням. Вказаний процес відрізняється від процесу стикового контактного зварювання постійним оплавленням наявністю спеціального реле імпульсного керування зварювальним струмом, що забезпечує процесу наступні переваги:

- можливість виконання зварних з'єднань деталей з більшим перетином та меншими вимогами щодо потужності зварювальних машин;
- значне зменшення часу зварювання та зони термічного впливу;
- зварні шви за вказаним процесом мають збільшені показники міцності у порівнянні зі швами при звичайному контактному зварюванні оплавленням [11].

Контактне стикове зварювання.

З метою підвищення надійності та працездатності при значних динамічних навантаженнях зварних швів рейок, виконаних методом контактного стикового зварювання оплавленням, в останній час є певні спроби застосувати короткі перехідні вставки між кромками рейок зі сталей з іншим хімічним складом ніж рейкова сталь. Так до переводу виготовленого із сталі типу 110Г13 контактного стикового зварювання оплавленням через прокладку 12Х18Н10Т приварюється відрізок рейки типу Р65 із сталі М76.

Вказана технологія значно підвищує показники працездатності зварних швів рейок, виконаних за допомогою контактного зварювання оплавленням у порівнянні зі зварними стиками рейок без застосування перехідної вставки, але не позбавлена певних недоліків, що потребують дослідження.

Отже, за технологією контактного стикового зварювання рейки типу Р65 зі стрілочним переводом процес має наступну послідовність:

а) Підготовлюються попередньо кромки стрілочного переводу (сталь 110Г13Л), рейки типу Р65 (сталь М76), перехідної вставки (сталь 12Х18Н10Т) ширину 20...50 мм стандартного виробництва без наступної термообробки з'єднань, що за геометрією відповідає профілю рейки типу Р65, та відрізка.

б) У зварювальну машину К924 встановлюється стрілочний перевод і до нього приварюється аустенітна вставка.

в) Далі вставка підрізається з боку вільного торцю до величини 20 - 40 мм.

г) За допомогою вказаної контактної машини зварювання, та у відповідності з режимами, зазначеними у табл. 2.3, виконується операція приварювання до проміжної вставки.

д) Деталі очищують від грату та подають на пост технічного контролю. Процес контролю включає зовнішній огляд, неруйнівні внутрішні обстеження за допомогою ультразвуку, та спеціальні вибіркові випробування на статичний вигин, твердість по поверхні кочення голівки рейки та ін.

В умовах серійного виробництва контролю підлягають перший та останній зварний стик, виконаний на кожній зварювальній машині на протязі зміни.

Таблиця 2.3 – Режими контактного зварювання оплавленням

Параметри режиму	Значення		
Час зварювання:			
- встановлений за КВП, с	250		
- фактичний (до), с	290		
Первинний струм, А	850		
Тривалий вторинний струм, А	19000		
Струм короткого замкнення на обраній ступені, А	110000		
Вторинна напруга трансформатору, В	16		
Зусилля затиснення зварюваних деталей, Н	3000		
Тиск осаджування, МПа	12-18		
	період оплавлення		
	перший	другий	третій
Напруга первинної обмотки зварювального трансформатору, В	380	270-290	380
Час за КЕП, с	90±1	115±2	10±1
Швидкість подачі, мм/с	0,2±0,01	0,2±0,01	0,2-0,5
Швидкість кінцевого форсування, мм/с, не менше	1,0		
Час осадження під струмом, с	1-2		
Величина осадки, мм	12-14		

До недоліків базової технології контактного стикового зварювання залізничної рейки типу Р65 з аустенітною сталлю 12Х18Н10Т відноситься:

- Присутність в рейковій сталі на глибині до 3 мм від контактної межі структурної складової світлого кольору. Цю структурну складову, розташовану між блоками зерен, називають між блочною структурною складовою (МСС).
- Мікроструктура металу по лінії з'єднання сталі М76 та 12Х18Н10Т в межах його поверхні неоднорідна.
- Аустеніт що кристалізується, включає 10,457 % від маси хрому та 7,585 % від маси нікелю. При такому вмісту цих елементів аустеніт втрачає стійкість, що є причиною утворення структур гартування.

- В шарі металу по лінії з'єднання утворюється ряд фаз проміжного хімічного складу, котрі можуть утворювати карбіди і структури гартування. Необхідно зазначити, що їх об'ємна доля в металі шва визначає пластичні властивості з'єднання.

- Мікротвердість металу світлого поля МСС рівна HV 0,1 - 4130, а в місцях скупчення голкової фази досягає HV 0,1 – 6130, що значно вище твердості навколишніх зерен сорбіту рейкової сталі М76 (HV 0,1 – 3130).

- Підвищений у порівнянні з рейковою сталлю вміст в МСС вуглецю і марганцю викликаний їх дифузією з матриці внаслідок більш високої здатності до розчинювання в рідкій фазі.

а) Зварний стик залишається слабкою ланкою в залізній дорозі через наявність в зоні термічного впливу міжблочної структурної складової (МСС), що може слугувати причиною зародження тріщин і руйнувань колії під час руху потяга.

б) Зносостійкість аустенітної вставки типу 12Х18Н10Т досягає зносостійкості рейкової сталі М76 лише після процесу поверхневого нагартування від проходження колес потягів, після чого відбувається деяка лінійна зміна розмірів самої вставки з утворенням незначної лунки на поверхні кочення.

в) На сьогоднішній день зафіксовано зародження мікротріщин в зоні термічного впливу.

г) Не існує документальних тверджень про дослідження процесу міжкристалітної корозії в зварних швах сталі М76 та сталі 12Х18Н10Т що, зважаючи на затверджену наявність карбідних фаз, ймовірно відбуватиметься і значно впливатиме на працездатність та надійність вказаних з'єднань з часом.

Через те що, процес зварювання за вказаною технологією не виключає появу в зоні зварних швів та біляшовних зон небажаних структур металу та післязварювальних дефектів – технологія потребує вдосконалення при переході на більш швидкісний рух залізною дорогою.

Тому в данному проекті вирішено оптимізувати хімічний склад перехідної аустенітної вставки, та встановити відповідні режими зварювання з метою

виключення чи мінімізації утворення міжблочної структурної складової (МСС), та збільшенням стійкості зварних з'єднань до міжкристалітної корозії, що є причиною зародження дефектів.

Таблиця 2.4 – Технічна характеристика зварювальної машини K924

Найменування параметру	Показник
Номинальна напруга мережі живлення, В	380
Частота струму мережі живлення, Гц	50
Найбільший вторинний струм, кА	55
Номинальний довготривалий вторинний зварювальний струм, кА	19
Потужність короткого замкнення, кВА	400
Потужність зварювальна при ТВ 50 %, кВА	180
Найбільший робочий тиск в гідросистемі, МПа	21
Максимальна швидкість осаджування, мм/с	200
Максимальне зусилля осаджування, кН	1500
Максимальне зусилля затиснення, кН	4000
Вага зварювальної машини, кг	42000
Габаритні розміри, мм: зварювальної машини шафи керування насосної станції шафи системи запису	4985x2890x3700 1290x690x1730 1300x745x1420 690x690x1750

Також, для підвищення продуктивності та якості проведених робіт укладанні безстикових температурно-напружених колій для швидкісного залізничного руху вирішено роботи проводити у два етапи:

а) Укрупнення рейок стандартної довжини (12,5 м) у пліті довжиною до 125 м в умовах спеціалізованого зварювального цеху, що проектується та споруджується поряд з залізною дорогою.

б) Монтаже зварювання в умовах шляху плітей довжиною близько 125 м виконувати за допомогою пересувного мобільного зварювального комплексу, що

значно скорочує терміни простою залізної дороги через рух по ній відомих раніше рейкозварювальних потягів, скорочує фінансові затрати, робить процес зварювання рейок більш мобільним і прогресивним.

2.6 Вибір оптимального хімічного складу проміжної вставки між зразками рельсової сталі М76

При виборі оптимального хімічного складу проміжної вставки при контактному зварюванні оплавленням рейкової сталі М76 керувалися в першу чергу наступними факторами:

а) Сталь, з якої виготовлена проміжна вставка, повинна мати високі пружні показники і певну здатність до компенсування міжсезонних температурних лінійних переміщень колій, котрі будуть зварені у пліті.

б) Сталь проміжної вставки повинна мати високі зварювальні властивості без додаткових умов та операцій під час їх проведення. Також потрібно щоб вона забезпечувала працездатність вставки на рівні зі сталлю М76.

в) І один з найголовніших показників – зменшувати, або виключати утворення міжблочної структурної складової (МСС), карбідних фаз та ін. негативних чинників, що слугують причинами утворення тріщин.

Проаналізувавши вказані вимоги, та властивості низки спеціальних низьколегованих та легованих сталей, в тому числі з високими пружними властивостями було встановлено наступне:

а) Більшість марок сталей з високими пружними властивостями мають підвищений вміст вуглецю, і як наслідок – погані зварювальні властивості. Також більшість з них набувають пружних властивостей лише після термообробки і мають схильність до гартування чи відпуску при дії тепла при зварювальних процесах.

б) Більшість сталей, що задовольняють критерії зносостійкості в заданих

умовах зношування (абразивне зношування, тертя металу по металу, удари, високі контактні напруження та ін.) мають нестійкі аустенітно-мартенситні, аустенітно-феритні, та інші структури, котрі при термічних впливах мають схильність до перетворень з відповідною зміною властивостей.

Враховуючи це, було встановлено доцільність застосування аустенітних хромо-нікелевих сталей при виборі хімічного складу проміжної вставки спеціалістами Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України.

Значну увагу, при виборі оптимального хімічного складу привернули увагу маловуглецеві аустенітні сталь типу, 03X18H10T, 00X18H10T та 03X17H14M3, котрі у порівнянні зі сталлю 12X18H10T мають:

а) Більш високу здатність до глибокої витяжки, що використовується з метою компенсування лінійних температурних переміщень.

б) Мають менший вміст вуглецю (до 0,03 %) та наявність у сталі легуючого елементу молібдену, що має властивість знижувати активність вуглецю, попереджуючи можливість виникнення міжкристалітної корозії, що може значно підвищити стійкість до міжкристалітної корозії.

в) Другим важливим фактором є те, що в сталі 03X17H14M3 основним стабілізуючим легуючим елементом для перешкоджання утворенню карбідів хрому є молібден (Mo), в той час як в сталі 12X18H10T – титан (Ti).

г) для сталі 12X18H10T потенціал пари Ti та Cr становитиме:

$$1,63 - 0,74 = 0,89 \text{ В.} \quad (2.1)$$

для сталі 03X17H14M3 потенціал Cr та Mo становитиме:

$$0,74 - 0,2 = 0,54 \text{ В.} \quad (2.2)$$

Зважаючи на теорію, згідно котрої швидкість протікання міжкристалітної корозії визначається потенціалом металу, прискорений її розвиток спостерігається при потенціалах входження в транспасивну область (1,15-1,25 В), а також при

потенціалі активно-пасивного переходу (близько 0,35 В), можливо зробити висновки що: застосування сталі 03X17H14M3 дозволить скоротити інтенсивність протікання міжкристалітної корозії гальванічного походження майже в 2 рази у порівнянні зі сталлю марки 12X18H10T.

г) Як показує досвід, деформаційне нагартування здатно значно підвищити основні службові експлуатаційні показники сталі, в той же час просте легування сталі деякими елементами здатне перевершити ефект нагартування в багато разів. Серед легуючих елементів, що здатні підвищити експлуатаційні показники сталі чи сплаву значне місце займає молібден (Mo), котрий міститься в сталі 03X17H14M3. Легування молібденом забезпечує сталі підвищений опір окисленню в більшості навколишніх середовищ. Це сама стійка до окислення та корозії нержавіюча сталь із всіх 300-х серій.

Отже, застосування сталі 03X17H14M3 замість сталі 12X18H10T може вплинути на стійкість до міжкристалітної корозії та на особливості деформаційного нагартування в процесі роботи.

Вказану сталь марки 03X17H14M3 (табл. 2.5, табл. 2.6) вирішено дослідити на можливість роботи в якості перехідної вставки при зварюванні рейок.

Таблиця 2.5 – Хімічний склад сталі 03X17H14M3 ГОСТ 2590-88, % по масі

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N	S	P
до 0,012	до 0,54	1,64	18,04	11,03	2,54	0,066	до 0,02	до 0,035

Таблиця 2.6 – Механічні властивості сталі 03X17H14M3 ГОСТ 2590-88.

Механічна властивість	Показник
Тимчасовий опір σ_B , МПа	≥ 520
Межа текучості σ_T , МПа	220
Відносне подовження δ_5 , %	≥ 40

2.7 Базова технологія наплавлення зношених ділянок залізничної колії

Порядок відновлення більшості поверхневих дефектів рейок полягає в виконанні ремонтного наплавлення в умовах шляху, або із заміною дефектних ділянок шляху і подальший ремонт демонтованих елементів в умовах спеціалізованих цехів.

Застосована технологія ручного дугового наплавлення штучним електродом НР70 (табл. 2.7) діаметром 4 - 5 мм. Наплавлення проводять короткою дугою на режимах (табл. 2.8). При нанесенні шару в вигляді окремих валиків повинно бути забезпечене оптимальне перекриття валиків на 0,3 - 0,35 ширини.

Таблиця 2.7 – Хімічний склад металу, наплавленого електродами НР 70 ГОСТ 9466-75

C	Si	Mn	Cr	Mo	S	P
0,22-0,38	≤ 0,15	1,5-2,0	0,5-1,0	0,7-0,9	≤ 0,03	≤ 0,04

Твердість наплавленого металу - не менше 32,5 – 42,5 HRC. (320 - 420 HV).

Наплавлений електродами НР-70 метал має високу зносотійкість та задовільний опір ударам.

Процес наплавлення починається з ретельного очищення деталі від бруду, мастила та фарби. Поверхні, що підлягають наплавленню, обпалити газовими пальниками або промити гарячим розчином лугу з послідуєчим промиванням гарячою водою, очищення сталлюю щіткою. Для попередження значних внутрішніх напружень і утворення тріщин деталі що наплавляються підігрівають до температури + 350...450 °С .

При наплавленні перегрів наплавленого шару не допускається. Для цього шар наплавляють окремими валиками з повним послідовним охолодженням кожного валика.

Наплавлення виконується з послідуєчою проковкою наплавленого металу, а також фінішною зачисткою (доведенням) профілю, згідно номінальних його значень.

Таблиця 2.8 – Режим наплавлення електродами марки НР-70

Найменування параметру	Показник
Діаметр електроду, мм	5
Просушка електродів перед зварюванням, °С/год	300-350/1
Рід та полярність зварювального струму	Постійний струм, полярність зворотня
Сила зварювального струму, А	220-240
Зварювальна напруга, В	27-30
Довжина зварювальної дуги, мм	2-3
Кут нахилу електроду по відношенню до вертикалі, град	15-20
Ширина наплавлених валиків, мм	15-30
Перекриття валиків, мм	4-5
Витримка між проходами (сусідніми валиками), хв	2-5
Проковування наплавлених валиків	Одночасне з відокремленням шлаку

При товщині наплавленого шару більше 5 мм наплавлення рекомендованого проводити в декілька шарів для зменшення глибини проплавлення.

Недоліки ручного дугового наплавлення штучним електродом - значний термічний вплив в основний метал при проведенні наплавлення, висока ймовірність зварювальних дефектів наплавленого металу, залежність процесу від людського фактору, тощо.

На сьогоднішній день ремонтне наплавлення колій відбувається також з застосуванням технології напіваавтоматичного наплавлення порошковими самозахисними та газозахисними дротами, за допомогою полум'я газових пальників [12].

Перевагами наплавлення порошковим дротом (чи стрічкою) є менша щільність струму, що забезпечує меншу глибину проплавлення основного металу і, як наслідок, менше його перемішування з наплавленим металом.

Вибір обладнання для наплавлення, режимів і технології проводиться із умови забезпечення мінімальної глибини проплавлення основного металу і заданої величини наплавленого шару.

Для проведення наплавлення зношених ділянок залізничних рейок ГОСТ 10051-75 реомендовані наступні марки електродів: ОЗН-250У; ОЗН-300У; ОЗН-350У; ОЗН-400У. Також існують електроди ОЗН-6, ОК 74.78 ESAB, ОК 83.27 ESAB, ОК 83.28 ESAB, ОК 83.29 ESAB, ОК 86.08 ESAB, та дроти для напівавтоматичного наплавлення рейок: ESAB ОК Tubrodur 15.60 та ESAB ОК Tubrodur 15.65.

2.8 Аналіз базової технології наплавлення залізничної колії

Вирішено не замінювати ручне дугове наплавлення на наплавлення більш механізованими способами через те, що вказані процеси також мають свої недоліки. Це пов'язано, в першу чергу, з доступністю зварювально-наплавочних матеріалів, простотою обладнання, його дешевизною мобільністю процесу, високим ступенем освоєності персоналом зварювальників та ін.

Відносна зносостійкість металу наплавленого електродами марки НР-70 в умовах абразивного зношування дещо збільшена у порівнянні з відповідною зносостійкістю основного металу [12], тому ці електроди задовольняють вимоги з роботоздатності, що необхідні для відновлення рейок на залізній дорозі України зі звичайними швидкостями руху (до 140 км/год). При наступному збільшенні швидкостей руху наплавочний матеріал не здатний буде відпрацьовувати встановлені міжремонтні терміни, бо має показники зі зносотійкості майже на рівні з основним металом [12], що, враховуючи певні особливості при проведенні відновлюваних робіт (можливість утворення структур гартування в зоні термічного впливу, утворення карбідних фаз, неточність при шліфуванні поверхні після наплавлення, та ін), не задовольнятиме умови працездатності відновлених

поверхонь при збільшених динамічних навантаженнях.

Для підвищення його працездатності та зносотійкості при збільшених динамічних контактних навантаженнях, що в свою чергу підвищать інтенсивність абразивного зношування та ін., передбачений пошук оптимального складу наплавочних матеріалів з урахуванням збільшення інтенсивності руху ній зі швидкостями більше 160 км/год.

Перед тим, як встановити перелік хімічних елементів, що здатні підвищити працездатність ремонтного наплавлення на залізничних коліях типу Р65 слід зазначити, що важко знайти легуючий елемент, який був би одночасно і твердим і пружним. Комплексне легування також не завжди задовольняє встановлені вимоги, через те, що від суміші елементів з різними механічними властивостями – механічна властивість складнолегованої основної сталі не завжди досягає запланованої, через утворення нових фаз, структур, та ін, що зменшує показники працездатності сплаву і збільшує його вартість [14].

Під час пошуку хімічного елементу, здатного підвищити зносотійкість ремонтного наплавлення в умовах підвищених динамічних навантажень, увагу привернув кобальт.

Кобальт збільшує всі механічні властивості і особливо в'язкість, пластичність, знижує поріг холодноламкості, підвищує міцність сталі при ударних навантаженнях, покращує жароміцність, магнітні і механічні властивості сталі (твердість та зносотійкість при підвищених температурах) [15]. Кобальт є елементом-аустенізатором, що при певній його концентрації значно підвищує стійкість наплавленого металу при збільшених динамічних навантаженнях ударних та знакоперемінних навантаженнях, при цьому не втрачаються показників стійкості до абразивного зношування та викришування. Легування наплавленого металу металічним кобальтом (Co) здатне значно підвищити зносотійкість наплавленого металу в умовах абразивного зношування та високих контактних і динамічних напружень.

Звертаючи увагу на вищесказане, вирішено провести детальне дослідження можливості його використання в якості легуючої добавки при виготовленні

зварювально-наплавочних матеріалів для вказаних задач.

2.9 Технічне завдання на виконання дипломного проекту

Технічним завданням на проект передбачена розробка альтернативної технології контактного стикового зварювання оплавленням залізничних рейок типу Р65 зі сталі М76 через проміжну аустенітну вставку типу 12Х18Н10Т, та технології наплавлення зношених ділянок.

В новій технології необхідно значно підвищити надійність і якість зварних з'єднань рейок (ділянок ремонтного наплавлення) з перспективою збільшення динамічного навантаження, внаслідок збільшення швидкісного руху на залізній дорозі України до 200 км/год включно.

В альтернативних технологіях врахувати той фактор, що дефекти котрі були допустимі при зварюванні (напавленні) за існуючими технологіями можуть становити загрозу безпеці руху при збільшенні його швидкісного режиму, а отже потребують їх виключення.

Для визначення економічної та технічної доцільності впровадження альтернативних технологій, та зручності подальшого проведення техніко-економічного обґрунтування дипломного проекту, провести технічне нормування основних технологічних операцій, розрахувати трудомісткість робіт та визначити рівень механізації та автоматизації.

Зважаючи на це, при розробці альтернативної технології контактного стикового зварювання оплавленням рейок, прийнято рішення встановити наступне:

а) Ретельно проаналізувати та дослідити базову технологію зварювання та процес контактного стикового зварювання оплавленням стиків рейок за допомогою перехідної аустенітної вставки типу 12Х18Н10Т (див. ГКІЮ 012817.002 СК) з метою пошуку технологій, що здатні забезпечити більшу

надійність вказаних зварних швів з урахуванням збільшення швидкісного режиму руху на залізній дорозі України.

в) Працездатність альтернативної технології контактного стикового зварювання рейок типу Р65 дослідити в умовах дослідно-зварювальних лабораторій і встановленням причин появи зварювальних дефектів та заходів щодо їх виключення (ГКІЮ 01282017.004 ЗВ та ГКІЮ 01282017.005 ЗВ)..

г) За альтернативною технологією контактного стикового зварювання оплавленням рейок типу Р65 планувати їх укрупнене зварювання в умовах спеціальних зварювальних цехів, та подальший їх вивіз на місця укладання з вварюванням плітей в існуючі залізничні шляхи.

Для можливості аналізу базової технології ручного дугового наплавлення, як найбільш застосованого методу в умовах ремонтів на залізній дорозі України, встановлено наступне:

а) Провести експериментальне наплавлення зразків, виготовлених із залізничних рейок типу Р65 (сталь М76) в умовах учбово-дослідної лабораторії зварювання (креслення ГКІЮ 012817.006 ЗВ).

3 ТЕХНІЧНІ УМОВИ НА ЗВАРЮВАЛЬНО-НАПЛАВОЧНІ РОБОТИ ТА ПРИЙМАННЯ ЗВАРЕНОГО (ВІДНОВЛЕНОГО) ВИРОБУ

3.1 Технічні вимоги із зазначенням певних показників якості і експлуатаційних характеристик виробу

У відповідності з ГОСТ Р 51685-2000 встановлені наступні вимоги:

Форма і основні розміри, що контролюються, поперечного перетину рейок повинні відповідати приведеним в табл. 3.1 (рис. 3.1). Допустимі відхилення цих розмірів і форми поперечного перетину рейок повинні відповідати значенням, вказаним в табл. 3.2.

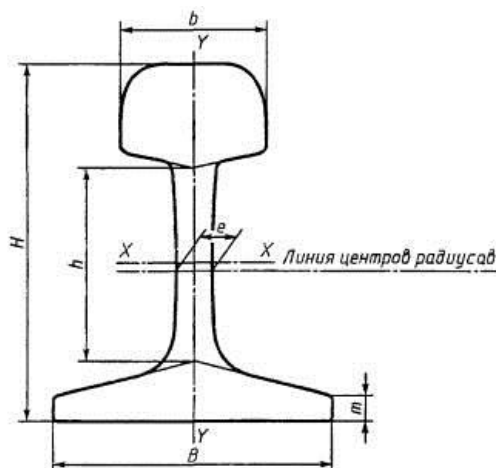


Рисунок 3.1 – Основні розміри поперечного перетину рейки.

Таблиця 3.1 – Геометричні розміри поперечного перетину профілю рейки

P65

Найменування розміру	Значення розміру, мм	Допустиме відхилення розміру, мм
Висота рейки, H	180	$\pm 0,6$
Висота шийки, h	105	$+ 0,3 - 0,7$
Ширина головки, b	75	$\pm 0,4$
Ширина підшви, B	150	$\pm 0,8$
Товщина шийки, e	18	$\pm 0,4$
Висота пера, m	11,2	$\pm 0,5$

Довжина та допустимі відхилення довжини рейок повинні відповідати наведеним наступним вимогам:

- при довжині рейки $L = 12,5$ м відхилення повинно складати ± 4 мм;
- при довжині рейки $L = 25,0$ м відхилення повинно складати ± 10 мм

Косина торців не повинна перевищувати 0,5 мм.

Стрілка прогину рейок в горизонтальній та вертикальній площинах при рівномірній кривизні по всій її довжині не повинна перевищувати $1/2500$ довжини рейки.

Відхилення рейок від прямолінійності поверхні кочення головки в вертикальній площині та по боковим граням головки на базовій довжині у 1,5 м не повинно перевищувати 0,3 та 0, 5 мм відповідно.

Скручування рейок не повинно перевищувати $1/25000$ їх довжини.

Довжина рейкових плітей не повинна перевищувати 800 м.

Відхилення довжини рейкових плітей не повинно перевищувати ± 30 мм.

Умовна початкова довжина рейкової пліті та рейки довжиною 12,5 або 25 м, а також підрізаних рейок визначається при температурі повітря $+ 20$ °С. При вимірюваннях довжини при температурі, що відрізняється від зазначеної, вводиться спеціальний поправочний коефіцієнт.

Зварні рейкові пліті повинні бути прямими. Допускається рівномірна кривизна по головці в вертикальній і горизонтальній площині зі стрілкою прогину не більше $1/2200$ (тобто не більше 12 мм на базовій довжині 25 м).

3.2 Загальні положення по технології робіт, допуски

Для забезпечення проведення робіт встановлені наступні вимоги:

а) Роботи з ремонтного наплавлення проводити з дотриманням вимог спеціалізованих нормативних документів, норм, стандартів, та технічних вказівок [1-4].

б) Роботи проводити при температурі навколишнього середовища від + 40 до – 5 °С (у випадку аварійно - відновлюваних робіт до – 15 °С), та при відсутності атмосферних опадів.

в) На проведення відновлюваних робіт отримати відповідний дозвіл, забезпечити безпеку проведення робіт (відсутність залізничного руху по колії, що ремонтується).

Роботи проводити у відповідності з проектом проведення робіт (ППР), а також у відповідності з технологією наплавлення.

г) Для виключення можливості утворення значної кількості карбідних фаз, та структур гартування в зоні термічного впливу, застосовувати попередній та супутній підігрів зони зварного шва (місця наплавлення) полум'ям газових горілок до температури 350 - 400 °С з обов'язковим використанням засобів контролю температури нагріву основного металу (лазерний пірометр або термоолівець).

Також рекомендоване закутування зони наплавки шаром асбестового полотна, або засипання сухим прожареним піском до повного остигання зони наплавлення.

д) Перед наплавленням з рейки видаляється весь відшарований та роздавлений метал для того, щоб створити міцну основу для наплавленого металу, а також залишки бруду, вологи, мастила та ін. Рекомендовано поверхні, що підлягають наплавленню обпалювати полум'ям газових пальників.

При нанесенні шару у виді окремих валиків повинно бути забезпечене оптимальне перекриття валиків при ручному дуговому напавленні на 0,30 - 0,35 ширини.

є) При проведенні наплавлення перегрів наплавленого шару не допускається. Вибір обладнання для наплавки, режимів і технології повинен проводитися з умови забезпечення мінімальної глибини проплавлення основного металу і заданої величини наплавленого шару.

З метою отримання рейкових плітей для конкретних відрізків безстикового шляху допускається приварювати кінцеву рейку необхідної довжини, але не

менше 7 м. Розміщення вставок довжиною 6 м та менше не дозволяється.

Рейки, що підлягають зварюванню між собою в стаціонарних умовах, повинні бути одного типу, одного металургійного комбінату, однієї марки сталі, хімічного складу, категорії, групи, класу, та з одним видом термічної обробки.

Невідповідність зварюваних торців двох рейок не повинна перевищувати 1 мм по висоті і 0,8 мм по ширині головки.

Після зварювання ґрат і видавлений метал повинні бути одразу (доки ще спостерігається світло-червоний їх колір) відокремлені спеціальними ножами. Далі шов зачистити механічним інструментом та, в разі необхідності (загартовані рейки), провести термічну обробку зварного з'єднання.

Допустима холодна правка плітей у пресових машинах, в тому числі в зонах зварних швів.

Зварні пліті потрібно маркувати з торців шрифтом, де зазначити сорт рейки, рік зварювання, номер пліті, під котрим вона оформлена у спеціальній книзі, а також номер підприємства, котре виконало зварювання.

Перед проведенням наплавлення зношену ділянку необхідно підготувати, попередньо видаливши з неї бруд, мастила, та знявши шар металу товщиною 1-3 мм.

Дефектні місця, що розташовані ближче 20 мм один від одного при зачищенні поєднати в одне.

Роботи з наплавлення рейок в умовах шляху проводити при температурі навколишнього середовища не нижче - 5 ° С при відсутності атмосферних опадів.

Рекомендований попередній підігрів зони наплавлення та зони температурного впливу полум'ям газового пальника до температури металу + 250 – 350 ° С з контролем пірометрами, або термоолівцями.

Допускається проведення наплавлення при температурі навколишнього середовища нижче + 5 ° С за умови попереднього підігріву зони наплавлення при проведенні аварійно-відновлювальних робіт на залізничних шляхах.

При проведенні наплавлення, перекриття валиків встановити на рівні $0,3 - 0,35 \cdot d$, (d – діаметр наплавочного електрода, мм). Вказані умови забезпечують

мінімальну участь основного металу в наплавленому. Ширина валиків рекомендована не більше $3 \dots 4 \cdot d$, при цьому амплітуда коливання повинна бути поступально-зворотня.

Перед накладенням нового валику необхідно відокремити шлак з попереднього та зачистити металевою щіткою його поверхню.

У зв'язку з тим, що в більшості випадків наплавлений шар необхідно піддати механічній обробці, наплавлення надлишкового металу не раціонально. Слід намагатися до того, щоб припуск на обробку не перевищував 1,5 – 2 мм і після наплавлення поверхня була достатньо рівною, без значних напливів і провалів між валиками.

Певні технічні складності виникають при наплавленні поблизу торців рейок. Для утримання розплавленого металу і шлаку у торців рекомендоване тимчасове закріплення (приварювання) коротких вивідних пластин.

Нові рейки другого сорту, допускаються до зварювання тільки з дозволу керівника служби шляху залізної дороги. Не дозволяється зварювання рейок, котрі не прийняв металургійний комбінат, або рейок з дослідної партії [ТУ 0921-057-01124328-98].

Наплавка кінців рейок може проводитися і в холодну пору року (до мінус 5 °С). При дощах чи снігопадах наплавка може проводитися тільки за умови, якщо будуть прийняті відповідні попереджувальні дії (наприклад, встановлені спеціальні захисні негорючі шатри над місцем проведення робіт).

3.3 Вимоги до чистоти поверхні та допуски на механічну обробку

Оброблена поверхня зварних стиків повинна бути чистою, без раковин та зазубин. Поверхня кочення та бічні поверхні повинні бути прямолінійними. Допуск на прямолінійність на довжині 1 м після шліфування повинен бути $\pm 0,3$ мм.

Місцеві нерівності на поверхні кочення після шліфування допустимі в межах $\pm 0,2$ мм.

3.4 Вимоги до зварювальних матеріалів, флюсів, захисних газів

В готових рейках допустимі відхилення масових часток елементів від норм, вказаних у табл. 2.1, але не більше показників, зазначених в табл. 3.2.

Механічні властивості сталі – табл. 2.2.

Таблиця 3.2 – Допустимі відхилення хімічного складу сталі

Хімічний елемент	M76	03X17H14M3
вуглець	$\pm 0,02$	$\pm 0,01$
марганець	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$
кремній	$\pm 0,02$	$\pm 0,05$
фосфор	$\pm 0,005$	$\pm 0,005$
сірка	$\pm 0,005$	$\pm 0,005$
алюміній	$\pm 0,005$	
ванадій	$\pm 0,02$	
титан	$\pm 0,005$	
хром	$\pm 0,005$	$\pm 0,02$
молібден		$\pm 0,1$
нікель		$\pm 0,15$

Зварювальні матеріали, що застосовуються при наплавленні залізничних рейок повинні бути затвердженні галузевими стандартами, а також мати сертифікати відповідності [ТУ 0921-002-41939924-2011].

3.5 Методи і обсяг контролю. Критерії оцінки якості готових виробів. Способи виправлення дефектів

Режими зварювання за альтернативною технологією засвідчити на зразках-свідках, піддавши їх неруйнівному та руйнівному контролю у відповідності з вимогами НД [1-4], та ГОСТ 18576-96.

Контроль якості зварних з'єднань за даною технологією виконувати у відповідності з вимогами міждержавного стандарту «Методы контроля качества сварных стыков рельсов и стрелочных переводов».

Дефекти стикових з'єднань розподіляються на дефекти розмірів і форми з'єднань, дефекти макро- і мікроструктури. Дефекти розмірів і форми з'єднання, а також стан поверхні деталей в місцях їх затиснення в електродних губках включають в себе відхилення розмірів від номінальних значень, зміщення і перекіс (перелом) вісів деталей та підпал їх поверхонь. На деталях в місцях їх затиснення в електродних губках може спостерігатися підпал. Вказані дефекти виявляються зовнішнім оглядом з застосуванням вимірювального інструменту.

До дефектів мікроструктури відносяться непровар, тріщини, розшарування між волокнами в прокаті, рихлоти. Контроль дефектів макроструктури виконується неруйнівним і руйнівним методом.

Зварні стики оглядають неозброєним оком та за допомогою лупи 2,5 - 7 кратного збільшення. Стик виконаний стиковим зварюванням, повинен мати рівномірне по всьому периметру і достатнє за величиною потовщення, не повинен мати розшарувань. Стик повинен мати рівномірно видавлений грат і незначну зону нагріву. Для оцінки результатів зовнішнього огляду всіх видів зварювання контролер повинен мати еталонний зразок виробу, вузла чи ряду виробів.

З неруйнівних методів використовують рентгенівський та ультразвуковий контроль, а також магнітні методи контролю для магнітних матеріалів.

Визначення механічних властивостей зварних з'єднань виконують у відповідності з ГОСТ 6996-66.

Після завершення наплавлення, відновлені місця необхідно зачистити механічним інструментом, та піддати візуальному і неруйнівному контролю за допомогою ультразвуку в обсязі 100 %.

При виявленні дефектів, встановлені місця вирубати або видалити абразивним інструментом і наплавити повторно за основною технологією наплавлення. При цьому виправлення дефектів в одному місці більше трьох разів не допускається. Результати контролю занести у відповідний журнал. Поряд з місцем відновлювального наплавлення шрифтом, або незмиваємою фарбою нанести інформацію про рік ремонту, а також номер підприємства, котре виконало наплавлення.

При проведенні контролю слід керуватися вимогами відповідних галузевих норм [3,4], що регламентують вказаний процес на залізній дорозі, а також встановлюють порядок допуску чи усунення дефектів.

Результати контролю обов'язково вносити до відповідного журналу з прив'язкою до конкретного місця наплавлення.

Також слід дотримуватися правила, що допускає виправлення внутрішнього дефекту шляхом його вирубування (відокремлення) механічним інструментом, та подальшим заварюванням у відповідності з технологією на проведення наплавочних робіт, але не більше 3 в одному місці.

Перевірка хімічного складу наплавленого металу – за ГОСТ 9466-75. Перевірка твердості наплавленого металу – за ГОСТ 9466-75 і ГОСТ 9013-59.

Контроль готових плітей виконують візуальним оглядом, та за допомогою вимірювальних приладів.

Контроль зварних стиків передбачає їх неруйнівний (100 % швів) і руйнівний (вибірковий на окремих зразках).

В разі виявлення дефектів неруйнівним контролем проводять вирізання з пліті двох зварних швів для руйнівного контролю.

Також необхідно проводити проміжні випробування на поперечний злам відрізки рейок зі зварним швом у спеціальній пресовій машині.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ З РЕЙКОЮ ТИПУ Р65

4.1 Дослідження процесу стикового зварювання оплавленням за технологією базового підприємства

Для можливості порівняння технології контактного стикового зварювання оплавленням рейок типу Р65 через проміжну аустенітну вставку проведене дослідне контрольне зварювання сталі М76 + М76 (табл. 4.1, рис. 4.1 а) та сталей М76 + 12Х18Н10Т між собою (табл. 4.1, рис. 4.1, б) в умовах учбово-дослідної лабораторії зварювання в ЗНТУ на кафедрі ОТЗВ. Дослідне зварювання проводили на машині контактного стикового зварювання оплавленням типу МС-20.08. УХЛ4. Геометричні розміри контрольних зразків встановлені наступні: довжина $L = 100$ мм; діаметр $D = 18$ мм. Розмір встановочної довжини $L_y = 0,4 \dots 0,7 \cdot D = 0,6 \cdot 18 = 11$ мм

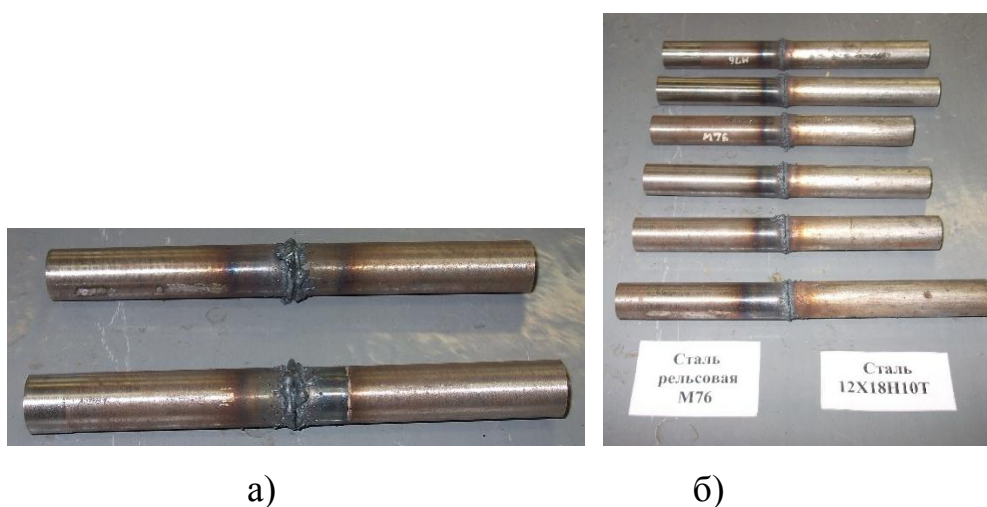


Рисунок 4.1 – Заварені зразки зі сталі М76+М76 (а) та М76 + 12Х18Н10Т (б)

Таблиця 4.1 – Режими контактного зварювання оплавленням зразків зі сталі М76

Параметри режиму	Значення	
Час зварювання:		
- встановлений за КВП, с	185	
- фактичний (до), с	220	
Тиск осаджування, МПа	5-8,5	
Напруга первинної обмотки зварювального трансформатору, В	380	
Зусилля затиснення зварюваних деталей, Н	1000	
Швидкість кінцевого форсування, мм/с, не менше	1,0	
Час осадження під струмом, с	1-2	
Величина осадки, мм	12-14	
	період оплавлення	
	1, 2	3
Напруга первинної обмотки зварювального трансформатору, В	270-290	380-400
Час за КВП, с	115±2	10±1
Швидкість подачі, мм/с	0,2±0,01	0,2-0,1
Зварювальна ступінь машини – 15 сталь М76 + М76		
Первинний струм, А	395	
Тривалий вторинний струм, А	9000	
Струм короткого замкнення на обраній ступені, А	52000	
Вторинна напруга трансформатору, В	7,6	
Зварювальна ступінь машини – 8 сталь М76 + 12Х18Н10Т		
Первинний струм, А	340	
Тривалий вторинний струм, А	7835	
Струм короткого замкнення на обраній ступені, А	45300	
Вторинна напруга трансформатору, В	5,28	

Для дослідження хімічної структури та структурно-фазового стану зони термічного впливу при зварюванні рейкової сталі М76 та аустенітної сталі марки 03Х17Н14М3, провести серії дослідних наплавлень за допомогою аргонодугового

зварювання в інертних газах. Це пов'язано з особливістю придбати її в Україні у вигляді кругляку діаметром 18-20 мм для дослідів зі стикового контактного зварювання оплавленням можливо лише при замовленні масою від 500 кг. Зважаючи на властивість дуги від аргонодугового зварювання горіти при мінімальних зварювальних струмах (від 30 - 40 А), що однозначно зменшує зону температурного впливу вирішено виконувати дослідне наплавлення за допомогою цього виду зварювання. Процес наплавлення виконували на дослідних зразках зі сталі М76 розмірами 10х65х75 мм. В якості джерела живлення для аргонодугового наплавлення використали апарат Jasіc TIG200P AC/DC. Режими аргонодугового наплавлення – табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Режими аргонодугового наплавлення

Найменування параметру	Показник
Діаметр присадочного прутка, мм	1,6
Рід струму	постійний
Полярність	пряма
Діаметр вольфрамового електроду, мм	2,0
Зварювальний струм, А	30-60
Зварювальна напруга, В	14-15
Швидкість зварювання, см/хв	12-28
Витрата аргону, дм ³ /хв	2,5-3

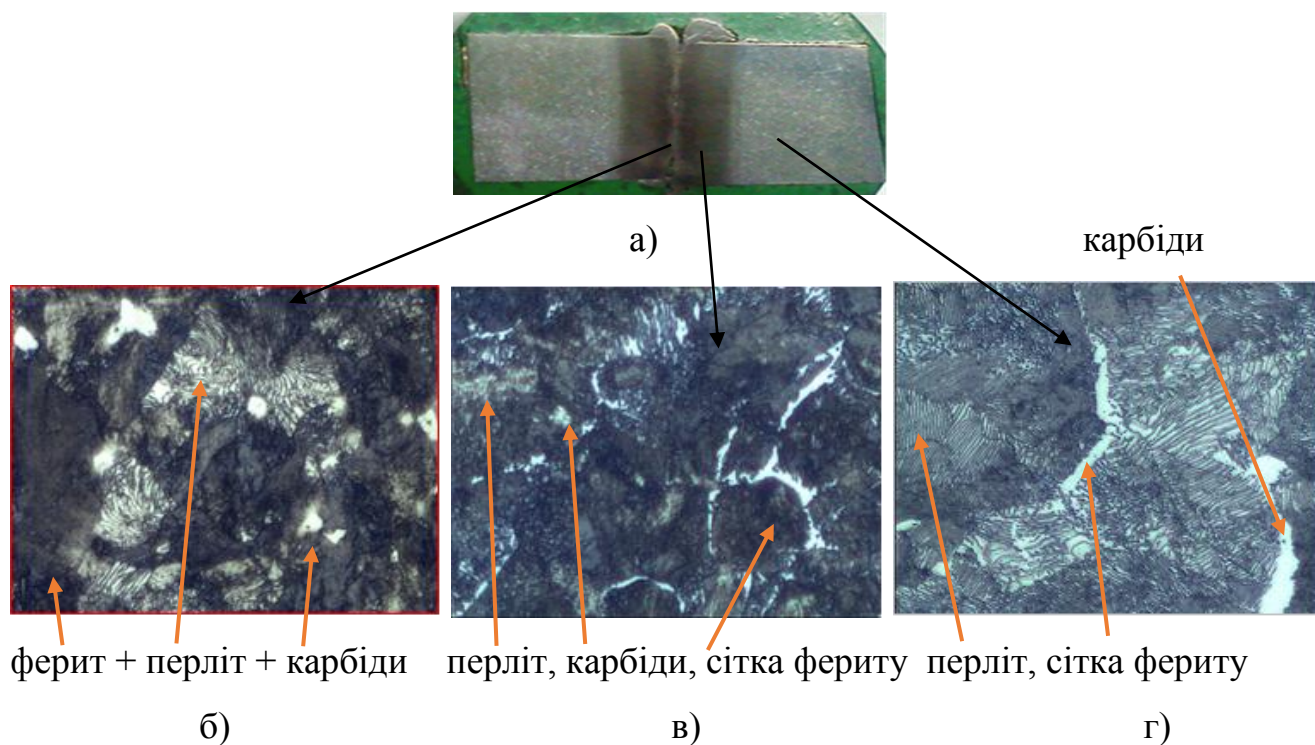
Зі вказаних зразків були виготовлені шліфи з метою подальшого дослідження мікроструктури зони зварного шву разом із зоною термічного впливу, та виявлення можливих зон міжблочної структурної складової (МСС), та порівняння її з відповідною зоною, що виникає при зварюванні сталі М76 зі сталлю 12Х18Н10Т.

Зразки після зварювання оброблювали для дослідження мікроструктури на горизонтальному фрезерному верстаті моделі бн80 та проточували на токарно-гвинторізному верстаті моделі 1К62.

4.2 Випробування дослідних зразків за базовою технологією зварювання

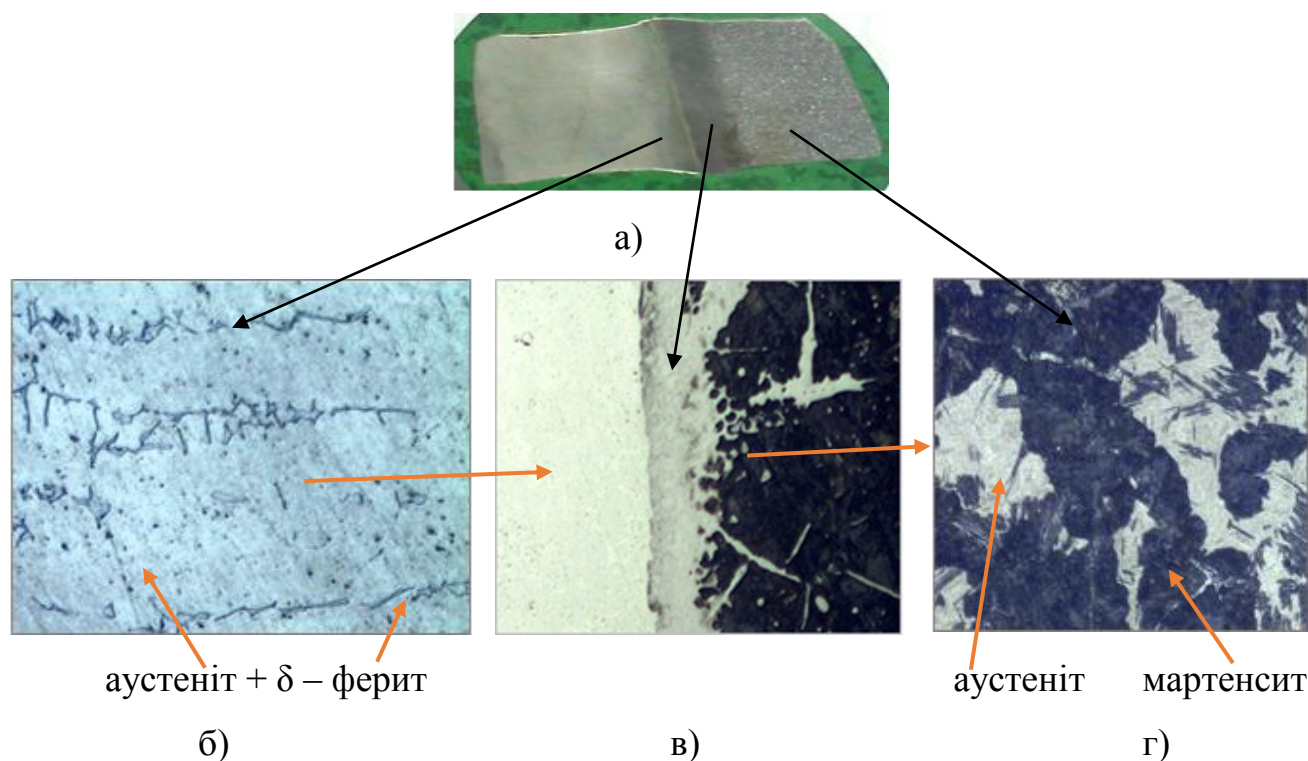
При контролі якості зварювання контрольних зразків зі сталі М76 та сталі 12Х18Н10Т зварених в умовах навчально-дослідної лабораторії зварювання застосували візуальний та руйнівний контроль, що передбачав випробування на статичне розтягнення зразків, та дослідження мікроструктури зони зварного шва на шліфах. Дослідили контрольні зразки в умовах спеціалізованої дослідної лабораторії на оптичному металографічному мікроскопі Axio Observer [13].

Мікроструктура зони зварного шва та біляшовних зон зварного з'єднання сталь М76 + М76 (рис. 4.2) та сталь М76 + 12Х18Н10Т (рис. 4.2 - 4.4).



б) - зона зварного шва; в) - зона термомеханічного впливу; г) - зона основного металу.

Рисунок 4.2 - Зварне з'єднання М76 + М76 (а), та його мікроструктури (б-г), $\times 1000$.



б) - сталь 12X18H10T в) - зона зварного шва; г) - перехідна зона зі сторони сталі М76.

Рисунок 4.3 – Зварне з'єднання М76 + 12X18H10T (а), та його мікроструктури (б-г), $\times 1000$.

Світла полоска, що утворилася в центрі стика при зварюванні низьковуглецевих сталей, є наслідком вигорання вуглецю на стадії нагріву, що призводить до утворення в указаній зоні однорідного фериту, що має низьке травлення. Світла полоска знижує однорідність механічних властивостей зварного з'єднання, але не відноситься до недопустимих дефектів.

Додатково проведені дослідження мікроструктури зони зварного шва та біляшовних зон у зварному з'єднанні сталь 03X17H14M3 + М76 (рис. 4.4).

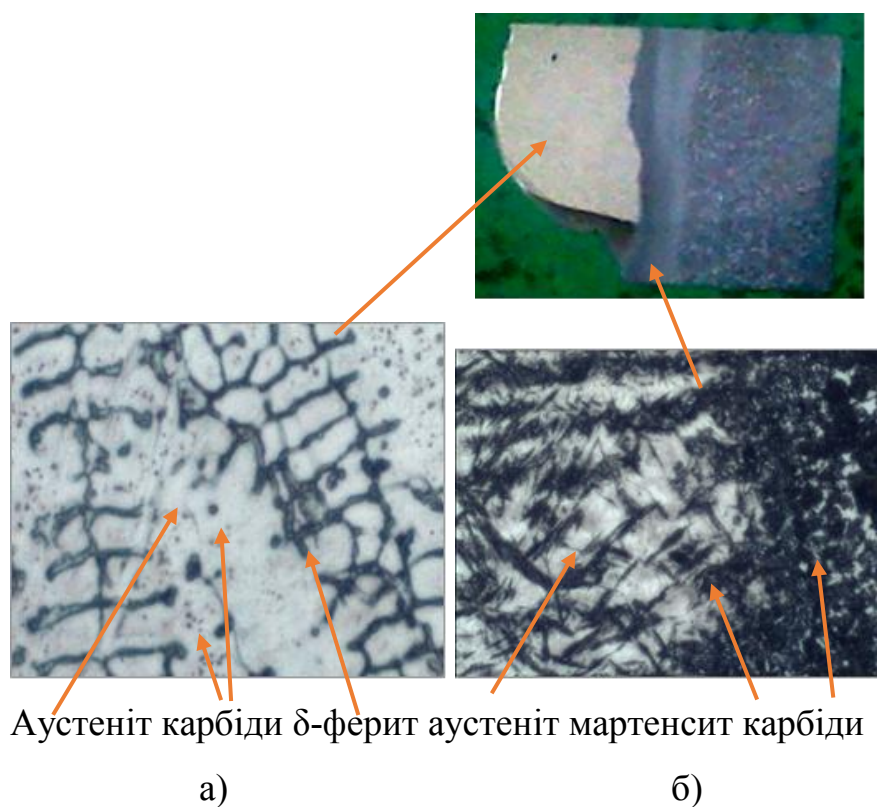
Після дослідження мікроструктури зони зварного шва, та зони термічного впливу було встановлено наступне:

а) Внаслідок низького вмісту вуглецю в матеріалі проміжної вставки 03X17H14M3, вдалося значно зменшити кількість зон міжблочної структурної складової (МСС) в зонах термічного впливу при зварюванні.

б) Внаслідок зменшеного вмісту вуглецю в сталі 03X17H14M3, значно зменшився відсоток можливої появи карбідних фаз, зменшені кількості

мартенситу, а також спостерігається поява в зоні зварного шва аустеніту в кількості до 50 %, що однозначно впливають на підвищення роботоздатності зварного стику при динамічних навантаженнях.

в) Зниження кількості карбідних фаз в зоні зварного шву та зоні термічного впливу дозволяє значно подовжити терміни працездатності конструкції внаслідок зниження ймовірності міжкристалітної корозії. Це обумовлене тим, що міжкристалітна корозія нержавіючих сталей пов'язана зі збідненням границь зерен хромом чи утворенням домішок (карбідів хрому). Найбільш часто зустрічається карбід Cr_{23}C_6 , котрий значно знижує пластичність та ударну в'язкість металу. Карбіди виступають в якості аноду, з-за чого відбувається різке збільшення швидкості міжкристалітної корозії через розчинення (внаслідок окислення) карбідних фаз.



а) – сталь 03X17H14M3 в біляшовній зоні; б) - зона зварного шва.

Рисунок 4.4 – Мікроструктура зварного з'єднання сталі 03X17H14M3 + M76,
X 1000.

Все це дає змогу розраховувати на більш високі показники пружньо-пластичних показників зварних з'єднань рейок у разі застосування перехідної

вставки зі сталі типу 03X17H14M3 з меншим вмістом вуглецю.

Дослідження зварних з'єднань на наявність зварних дефектів, становило лише один випадок (рис. 4.5). Зважаючи на це можливо зробити висновок, що руйнування зразків, не пов'язане з наявністю зварних дефектів, а є скоріше наслідком утворення непластичних та крихких структур металу внаслідок тремічного впливу.

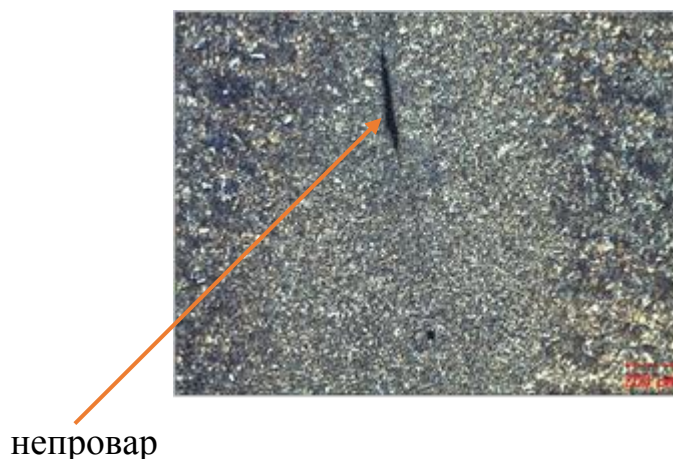


Рисунок 4.5 - Зварний стик між сталлю М76 + М76

Результати досліджень мікроструктуру зварних швів серії контрольних зразків виявили наявність міжблочної структурної складової (МСС) з високим вмістом вуглецю, карбідів, сульфідів титану, мартенситною фазою та ін.

Механічні випробування контрольних зразків (рис. 4.6) показали (табл. 4.3), що міцність при розриві зварних з'єднань менша ніж міцність основного металу (табл. 2.2). При врахувати якщо зразок складається з двох сталей з різними фізико-механічними властивостями і допустиме навантаження брати з урахуванням найменшого його показника.



Рисунок 4.6 – Заварені зразки після для механічні випробувань.

Таблиця 4.3 – Межа короткочасної міцності σ_B , МПа

Тип зразків	σ_B , МПа
Сталь М76 + М76	294
Сталь М76 + 12Х18Н10Т	430

Руйнування зразків сталі 12Х18Н10Т звареною в стик зі сталлю М76, відбувалося в зоні температурного впливу рейкової сталі (рис. 4.7, а).

Додатково була досліджена мікроструктура безпосередньо зони зварного шву зразків з боку сталі 12Х18Н10Т (рис. 4.7, б), та з боку сталі М76 (рис. 4.7, в).

Проаналізувавши отримані результати випробувань на розтяг та дослідивши мікроструктури зони зварного шва та біляшовних зон у з'єднанні сталей М76 встановили, що вони співпадають з результатами досліджень спеціалістів Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України [5].

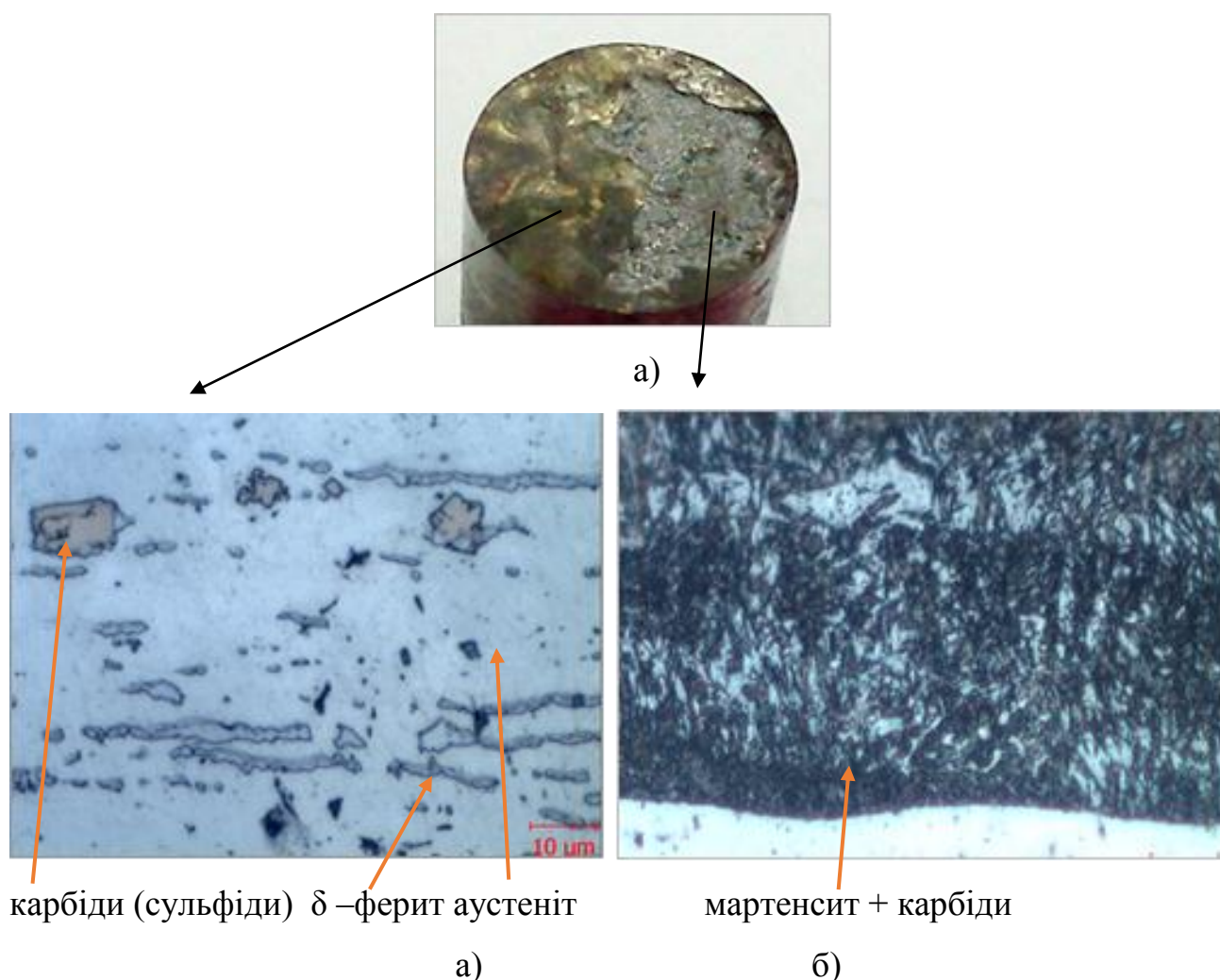


Рисунок 4.7 – Зразок після розриву в зварному з'єднанні (а) сталей 12Х18Н10Т (б) + М76 (в).

4.3 Альтернативна технологія контактного стикового зварювання

4.3.1 Порядок проведення підготовчо-зварювальних робіт за альтернативною технологією зварювання рейок

За альтернативною технологією зварювання рейок типу Р65 при реконструкції залізничної колії стикової контрукції, та прокладання нових швидкісних залізничних шляхів з безстиковою конструкцією, передбачене наступне:

а) Встановлена доцільність спорудження поблизу залізничних колій спеціалізованого цеху для підготовчих робіт, та укрупненого зварювання рейок стандартної довжини (12,5 м) у пліті довжиною до 125 м (10 секцій) з можливістю їх подальшого транспортування залізною дорогою до місця монтажу.

б) Передбачене встановлення спеціальних стаціонарних машин для контактного стикового зварювання рейок моделі К-1000.

в) Необхідно передбачити можливість навантаження пліті на відкриті платформи залізничного вантажного транспорту при відвантаженні їх із зварювального цеху. Забезпечити встановлення на залізничних платформах спеціальних ложементів, або площадок, що виключають можливість прогину плітей під дією власної ваги, а також передбачити встановлення на платформі спеціальних вантажопідйомних маніпуляторів стрілового типу, здатних підняти (підтримати) пліть довжиною до 125 м при розвантаженні її в проектне положення.

г) При зварюванні рейок типу Р65 зі сталі М76, в якості проміжної вставки використовувати сталь 03Х17Н14М3 (АІSІ 316L).

д) Для можливості монтажного зварювання при укрупненні плітей довжиною 125 м в довші пліті (до 875 м), що пролягатимуть від одного зрівнюючого прольоту до іншого, передбачене використання мобільного універсального пересувного комплексу типу КСМ007.

є) Встановлена необхідність застосування спеціалізованого зачисного

обладнання для видалення залишків ґрату в зоні зварних швів, та фінішної доводки геометричних розмірів профілю рейки після її монтажу.

ж) Регламентовані операції з неруйнівного контролю як заводських, так і монтажних зварних швів при укрупненні плит, виготовлених в умовах зварювального цеху.

4.3.2 Режими зварювання за альтернативною технологією.

Циклограма контактного зварювання оплавленням

Режими зварювання наведені в табл. 4.4, табл. 4.5, рис. 4.8.

Таблиця 4.4 – Режими зварювання оплавленням рейок типу Р65 на контактній машині К-1000

Найменування параметру	Показник
Тиск в гідравличній системі, МПа	15
Тиск осадки, МПа	10,5-12
Швидкість осадки при холостому ході (мінімальна), мм/с	30
Величина осадки, мм	13-15
Напруга первинної обмотки зварювальних трансформаторів, В	
Перший період	390-410
Другий період	290-310
Третій період	390-410
Швидкість подачі, мм/с	
Перший період	0,17-0,19
Другий період	0,17-0,19
Третій період (форсування)	
початкове	0,17 – 0,19
кінечне	0,9 – 1,2

продовження таблиці 4.4

Найменування параметру	Показник
В третьому періоді зростання швидкості від початкової до кінцевої повинно забезпечуватися на протязі, с	6-8
Переміщення (шлях), мм	
Перший період	5-8
Другий період	24-27
Час форсування, с	6-8
Час осадження під тиском, с	1,5
Час зварювання (фактичний), с	220-270

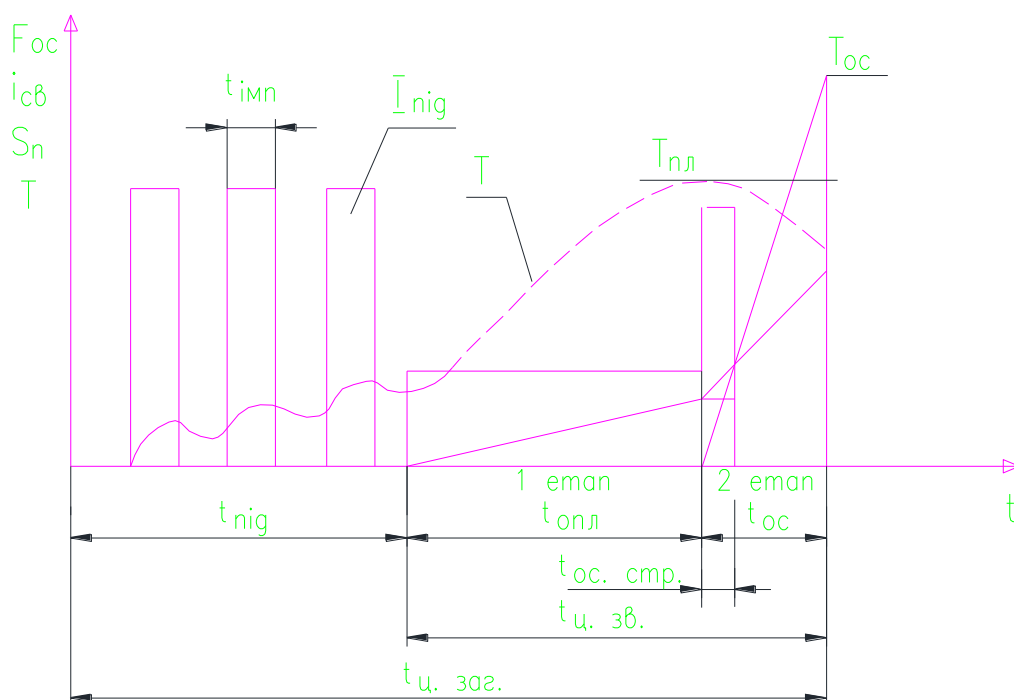


Рисунок 4.8 – Циклограма контактної стикової зварювання пульсуючим опаленням залізничних рейок на машинах К-1000 та К922-1

Таблиця 4.5 – Режими зварювання оплавленням рейок типу Р65 на контактній машині комплексу КСМ007

Найменування параметру	Показник
Тиск осадки, МПа	9-12
Тиск зарядки акумулятора, МПа	7-9
Швидкість осадки при холостому ході мінімальна, мм/с	20
Швидкість оплавлення, мм/с	0,065-0,2
Швидкість форсування, мм/с	0,7-2,5
Напруга первинної обмотки зварювальних трансформаторів, В	
- перший період	355-440
- другий період	250-360
- третій період	355-440
Переміщення (шлях), мм	9-18
Величина осадки, мм	11,5-17,0
Час осадки під струмом, с	0,8 – 1,8

4.4 Контроль якості зварювання

Операційний (післяопераційний) контроль якості проводиться під час виконання чи після завершення технологічних операцій при виробництві зварених рейок чи рейкових плітей.

передбачене застосування наступних методів контролю процесу зварювання рейок:

- Візуальний та вимірювальний контроль.
- Випробування контрольних зразків рейок на статичний поперечний згин в області зварного шва.
- Ультразвуковий контроль зварних стиків (УЗК).

Проведення візуального контролю за даною технологією виконувати з

використанням лупи 2,5 - 7 кратного збільшення.

Періодичність випробувань не рідше однієї серії на зміну.

Ультразвуковий контроль стану зварних швів проводити в два етапи:

- Контроль зварних швів готової пліті.
- Контроль зварних монтажних швів в умовах шляху.

Контроль зварних швів укрупненої пліті проводити в умовах спеціалізованого зварювального цеху де вона виготовляється.

Контроль проводити з використанням спеціалізованого приладу УДЗ-71.

Дефекти стикових з'єднань розподіляються на дефекти розмірів і форми з'єднань, дефекти макро- і мікроструктури. Дефекти розмірів і форми з'єднання, а також стан поверхні деталей в місцях їх затиснення в електродних губках включають в себе відхилення розмірів від номінальних значень, зміщення і перекіс (перелом) осей деталей та підгар їх поверхонь.

Відхилення лінійного розміру з'єднання обумовлюється неточним встановленням деталей в електродних губках, відхиленням припуску на осадку, неправильним встановленням обмежувачів ходу плити машини, люфтами в направляючих.

Зміщення та перекіс осей деталей викликається зносом електродних губок, люфтами в направляючих рухомої плити, неправильною формою торців деталей, великою встановочною довжиною.

На деталях в місцях їх затиснення в електродних губках може спостерігатися підгар з-за зносу і забруднення губок, малої робочої поверхні останніх, малої сили затиснення деталей. Вказані дефекти виявляються зовнішнім оглядом з застосуванням вимірювального інструменту.

До дефектів мікроструктури відносяться непровар, тріщини, розшарування між волокнами в прокаті, рихлоти.

Непровари, як правило, створюються товстими оксидними плівками (> 200 мкм) і представляють собою дефекти монолітної структури. Причинами непроварів є підвищене окислення на стадії оплавлення з-за малих значень швидкостей оплавлення, а також недостатніх швидкостей осадки і припуску на осадку.

Горячі тріщини можуть утворюватися при загальному перегріву металу на всіх ділянках зварного з'єднання. Наявність легкоплавкої фази по границям зерен в поєднанні з розтягуючими напруженнями, що виникають від пружних деформацій механізмів затиснення і осадки чи від відходу рухомої плити назад з затисненими деталями – це основні причини утворення горячих тріщин.

Розшарування утворюються між волокнами прокату при наявності між ними легкоплавких ліквацийних прошарків в поєднанні з підвищеною деформацією осадки, що викликає викривлення волокон і утворення між ними розтягуючих напружень.

Рихлоти і пори найбільш часто утворюються в об'ємах закристалізованого металу, захопнутого в глибоких кратерах при осадженні та невидавленого з злику з-за недостатньої деформації.

Контроль дефектів макроструктури виконується неруйнівним і руйнівним методом. Зовнішнім оглядом можливо виявити поверхневі тріщини і місця можливих непроварів, де відсутній грат.

Зварні стики оглядають неозброєним оком та з допомогою лупи 2,5 -7 кратного збільшення. Стик виконаний стиковим зварюванням, повинен мати рівномірне по всьому периметру і достатнє за величиною потовщення, не повинно бути розшарувань. Стик повинен мати рівномірно видавлений грат і незначну зону нагріву. Для оцінки результатів зовнішнього огляду всіх видів зварювання контролер повинен мати еталонний зразок виробу, вузла чи ряду виробів.

З неруйнівних методів використовують рентгенівський та ультразвуковий контроль, а також магнітні методи контролю для магнітних матеріалів.

Ультразвуковий контроль також дозволяє виявити тріщини, раковини, непровари в вигляді оксидних плівок і несучільностей.

Неруйнівні методи контролю дають можливість визначити забрудненість зварного з'єднання дефектами.

До дефектів мікроструктури відноситься утворення світлої полоски в зоні стику при зварюванні низьковуглецевих і низьколегованих сталей, перепалення металу, утворення відманштеттової структури.

4.5 Зварювальне та допоміжне обладнання за технологією

Для укрупнення рейок стандартної довжини (12,5 м) у пліті довжиною до 125 м (10 секцій рейок) в умовах зварювального цеху використані стаціонарні машини для контактного стикового зварювання моделі К-1000 (табл. 4.6).

Для монтажного зварювання плітей між собою в умовах шляху технологією передбачене використання мобільного зварювального комплексу типу КСМ007 (табл. 4.7) з навісною головкою для контактного зварювання рейок пульсуючим оплавленням типу К922-1 (табл. 4.8).

Таблиця 4.6 – Технічна характеристика машини контактного зварювання типу К-1000

Найменування параметру	Показник
Номінальна напруга мережі живлення, В	380
Частота струму мережі живлення, Гц	50
Номінальний вторинний струм, кА	84
Номінальний тривалий вторинний струм, кА	19
Потужність короткого замкнення, кВА	600
Зварювальна потужність при ПВ=50%, кВА	180
Найбільший робочий тиск в гідросистемі, МПа	20
Максимальна швидкість осадки, мм/с	30
Максимальне зусилля осадки, кН	800
Максимальне зусилля затиснення, кН	2000
Вага комплекту поставки, кг	12850
Габаритні розміри, мм:	
- зварювальної машини	5650x1640x2780
- шафи керування	1290x690x1730
- насосної станції	1300x740x1420
- шафи для системи запису	690x690x1750

Таблиця 4.7 – Технічна характеристика комплексу КСМ007

Найменування параметру	Показник
Перетин зварювальних рейок, мм ²	6500-10000
Номінальний тривалий вторинний струм, кА	21,5
Номінальна напруга мережі живлення, В	380
Частота струму мережі живлення, Гц	50
Найбільша продуктивність при зварюванні рейок перетином 8200 мм ² , стик/год	13
Тиск мастила в гідросистемі, МПа	21
Номінальний режим роботи ПВ, %	50
Машинний час зварювання рейок перетином 8200 мм ² , с	180
Потужність дизель-генератора, кВА	400
Вантажопідйомність підйомника, кг	4000
Кут повороту підйомника в горизонтальній площині, в межах	± 45 °
Зміна вильоту рухомої секції, в межах, мм	0 - 860
Швидкість пересування комплексу по автомобільним дорогам, км/год, не більше	70
Швидкість пересування по рейкам, км/год, не більше	25
Габаритні розміри комплексу, мм	
-довжина	10860
-ширина	2500
-висота від голівки рейки	3920
Вага, кг	32000
Джерело електроенергії	Автономний генератор
Режим нейтралі генератора	Ізольована нейтраль
Спосіб переміщення	з/д колія, автодорога

Таблиця 4.8 – Технічна характеристики підвісної зварювальної голівки типу К922-1

Найменування параметру	Показник
Номінальна напруга мережі живлення, В	380
Те ж саме, від дизель-електростанції, В	400
Число силових фаз мережі живлення	2
Число фаз допоміжної мережі	3
Частота, Гц	50
Найбільший первинний струм короткого замикання, кА, не менше	1,1
Потужність при ПВ = 50%, кВА	211
Режим роботи зварювальних трансформаторів при номінальному навантаженні (ПВ), не більше	50
Номінальний тривалий вторинний струм, кА	24
Найбільший вторинний струм, кА, не менше	67
Опір короткого замкнення, мкОм	110
Найбільша потужність при короткому замкненні, кВА, не більше	500
Опір вторинного контура машини постійному струму, мкОм, не більше	20
Номінальне зусилля осадки при тиску 10 МПа (100 кгс/см ²), кН	1200
Максимальний перетин зварюваних рейок, мм ²	10000
Найбільший робочий тиск в гідросистемі, МПа	21
Зусилля затиснення максимальне при тиску 10 МПа, кН	1250 ± 100
Найбільша швидкість осадки, мм/с, не менше	40
Вага зварювальної машини, кг	3450
Вага насосної станції, кг	590
Габаритні розміри зварювальної машини, мм	1895x1060x 1300

Технічна характеристика приладу типу УДЗ-71 для ультразвукового контролю зварних швів рейок в монтажних умовах – табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Технічна характеристика приладу УДЗ-71

Найменування параметру	Показник
Ширина полоси пропуску частот ультразвукових коливань (УЗК) дефектоскопу	від 0,4 до 15 МГц
Можливі встановлювані значення частот фільтру	0,4; 1,25; 1,8; 2,5; 5; 10; 15 МГц
Значення номінальних частот повторення зондуючих імпульсів	від 100 до 1000 Гц з дисперсією 1; 10; 100 Гц
Амплітуда зондуючого імпульсу генератора дефектоскопа при тривалості (80 20) нс і тривалості фронту менше 20 нс	не менше 200 В для режиму максимальної амплітуди зондуючого імпульса, 20 В для режиму мінімальної амплітуди
Діапазон вимірювання коефіцієнтів підсилення прийомного тракту дефектоскопу	від 0 до 80 дБ
Дискретність вимірювань коефіцієнту підсилення приймального тракту дефектоскопу	0,1; 1,0; 10,0 дБ
Динамічний діапазон сигналів, що спостерігаються на екрані дефектоскопу	не менше 20 дБ
Діапазон контролю наявності дефектів в сталі	від 0,5 до 6000 мм з дискретністю установки 0,1; 1,0; 10,0; 100,0 1000,0 мм
Діапазон вимірювань глибини залягання дефектів по сталі	від 0,5 до 6000 мм
Діапазон вимірювань еквівалентного діаметра відображувача	від 0,8 до 20 мм
Діапазон установки швидкості розповсюдження УЗК	від 1000 до 15000 м/с з дискретністю установки 1; 10; 100; 1000 м/с
Діапазон установки кута вводу УЗК п'єзоелектричного перетворювача	від 0 до 900 з дискретністю установки 1; 10; 100; 1000 м/с

продовження таблиці 4.9

Найменування параметру	Показник
Діапазон встановлення затримки розгортки відносно імпульса збудження	від 0 до 6000 мм з дискретністю установки 1; 10; 100; 1000 мм
Діапазон встановлення висоти рівней вимірювального стробу: - браковочний рівень (червоний рівень стробу) - контрольний рівень (синій рівень стробу) - пошуковий рівень (зелений рівень стробу)	мінус 18 – плюс 6 дБ, крок 0,1; 1,0 дБ (для всіх рівней)
Кількість запам'ятовуваних програм настройки дефектоскопа	не менше 100
Кількість запам'ятовуваних зображень розгортки	не менше 100
Вага дефектоскопу з акумуляторною батареєю (без фіксуючої планки та футляру)	не більше 0,72 кг
Габаритні розміри	не більше 188x107x78 мм
Електричне живлення дефектоскопу від вбудованої акумуляторної батареї номінальною напругою	12 В
Ємність вбудованої акумуляторної батареї	2500 мА/год
Середня тривалість безперервної роботи	не менше 12 годин

5 ДОСЛІДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ НАПЛАВЛЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ З РЕЙКОЮ ТИПУ Р65

5.1 Виготовлення електродів для альтернативної технології наплавлення

Для проведення дослідження був придбаний порошок металічного кобальту марки ПК-1у (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 - Хімічний склад порошкового кобальту марки ПК-1у ГОСТ 9721-79

Кобальт, не менше	Домішки, не більше			
99,35	Fe	Si	Ni	C
	0,2	0,02	0,4	0,02

Досліди та спостереження металознавців [15] стверджують, що вміст кобальту до 6 % практично не сприяє помітному збільшенню фізико-механічних властивостей сплаву. в той час як вже після 9 % спостерігається поступове зниження зносостійкості при значних контактних напруженнях.

Тому, за альтернативною технологією наплавлення, було вирішено провести дослідження можливості легування наплавленого металу кобальтом в межах 9 %.

Для досягнення цієї мети вирішено вводити легуючий елемент в наплавлений метал, попередньо наносячи його на обмазку електроду марки НР-70 з допомогою рідкого скла.

Розрахована початкова концентрація порошку кобальту ПК-1у для нанесення, але зважаючи на те, що від основної ваги електроду потрібно виключити певну вагу компонентів з обмазки електроду (наприклад іонізуючі шлако- та газоутворювальні компоненти не легують метал шва, а лише підтримують стабільність процесу горіння дуги), а також вагу недопалку, що потрібно виключити з розрахунку, вага електроду з обмазкою марки НР-70 діаметром 5 мм при довжині 450 мм $m_{ел1} = 95$ гр. Вага електроду без обмазки $m_{ел2} = 80$ гр. Вага обмазки $m_{обм} = 15$ гр:

В електродах з основним типом покриття відсоток іонізуючих шлако- та

газоутворювальних компонентів складає біля 60 % (9 г), решта 40 % (6 г) – легуючі домішки.

В середньому довжина недопалку електроду діаметром 5 мм складає 80 мм.

Вага цього недопалку ($m_{\text{недоп}}$) становить близько 17 гр.

Отже чиста вага металу ($m_{\text{ел.чист}}$) що необхідно легувати складе:

$$m_{\text{ел.чист}} = m_{\text{ел1}} - m_{\text{недоп}} - m_{\text{комп}} = 95 - 17 - 9 = 69 \text{ гр}, \quad (5.3)$$

Коефіцієнт переходу кобальту з електродного металу в наплавлений метал при зварюванні на рівні близько 100 % ($K_{\text{п}} = 1$). Для того щоб мати концентрацію кобальту в наплавленому металі на рівні 9 % по відношенню до $m_{\text{ел.чист}}$ потрібно нанести на електрод наступну кількість порошку кобальту ($m_{\text{КОБАЛЬТ}}$):

$$m_{\text{КОБАЛЬТ}} = 69 \times 9 = 6,2 \text{ г.}$$

З допомогою спеціального пристосування у вигляді порожнистого циліндру шляхом окунання (змочування) була виготовлена серія дослідних електродів з присвоєнням маркування НР-70К.

5.2 Наплавлення дослідних зразків за альтернативною технологією

У відповідності з режимами наплавлення для електродів марки НР-70К (табл. 5.4) в умовах учбово-дослідної зварювальної лабораторії провели контрольне наплавлення дослідних зразків зі сталі марки М76.

Наплавлення проводили у відповідності з рекомендаціями та технологією, рекомендованою при проведенні ремонтного наплавлення рейок електродами марки НР-70.

Валики накладали короткою дугою з коливаннями амплітудою до 30 мм.

Наступний шар накладався тільки після ретельного видалення шлаку з попереднього валику. Перекриття валиків – 1,5...2 діаметру електроду.

На дослідних зразках зі сталі М76 виконали багатошарове наплавлення електродами марки НР-70 за режимами згідно базової технології для чого застосували випрямляч марки ВДУ-506. Через незначні розміри зразків від попереднього підігріву відмовитися, щоб не спровокувати надмірний перегрів основного металу і відповідно негативні наслідки цього (збільшення глибини проплавлення, велика частка основного металу в наплавленому та ін.)

Зразки після наплавлення піддали дослідженню.

Перед дослідженням зразки були оброблені механічним способом з метою отримання рівних площин з відповідною шорсткістю для можливості встановлення одного з основних критеріїв зносостійкості – твердості, а також дослідження мікроструктури зони зварного шва, та зони термічного впливу.

Твердість вимірювали за Віккерсом на машині моделі ТВП5012. Порядок проведення вимірювань твердості за Віккерсом у відповідності з ГОСТ 2999-75. В якості індентору обрали алмазну піраміду з кутом 136 °.

З метою встановлення мікроструктури металу, наплавленого електродами марки НР-70К, зразки дослідили на оптичному металографічному мікроскопі «Axio Observer».

Отримані показники твердості – табл. 5.2

Таблиця 5.2 – Показники твердості зразків за Віккерсом

Перелік зразків	Показник твердості, НV
Сталь М76	250
Твердість металу наплавленого електродами марки НР-70	340

Зразки (шліфи) для дослідження мікроструктури зони зварного шва – рис. 5.1.

Показники мікроструктури металу, наплавленого електродами марки НР-70К - рис. 5.2.

5.3 Аналіз та обробка отриманих результатів наплавлення зразків

Провівши контрольну наплавлення зразків встановили наступне:

а) Процес наплавлення металу рейок електродами марки НР-70 стабільний лише на короткому дуговому проміжку, є складність відокремлення шлакової кірки (відокремлюється лише після певного зменшення температури в зоні зварного шва), внаслідок чого ймовірна поява шлакових включень в наплавленому металі. Процес наплавлення металу рейок електродами марки НР-70К є більш стійким, підвищена чистота наплавленого металу, спостерігаються кращі умови утворення та відокремлення шлакової кірки.

б) Метал, наплавлений електродами марки НР-70 володіє механічними властивостями, що дещо перевищують відповідні властивості основного металу [13]. Метал, наплавлений електродами марки НР-70К володіє механічними властивостями, що перевищують відповідні механічні властивості металу, наплавленого електродами марки НР-70. Це пов'язано з певними відмінностями в хімічному складі основного та електродного металу, котрі полягають в наявності в таких легуючих елементів як марганець (до 2 %), хрому (до 1 %), та молібдену (до 0,9 %), а також кобальту (Со до 10 %).

в) Відмічено суттєве збільшення зварювально-технологічних властивостей електроду марки НР-70К.). Значне підвищення зварювально-технологічних властивостей пояснюється використанням рідкого скла $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ ГОСТ 13078-81 для утримання порошку кобальту ПК-1у, де наявні елементи що мають високу здатність до іонізації зварювальної дуги, а також сприяють кращому відокремленню шлакової кірки.

Тобто у порівнянні з електродами марки НР-70, електроди марки НР-70К показують значно вищі показники стабільності та якості процесу наплавлення. Тому, досягнувши значного підвищення зварювально-технологічних властивостей електродів марки НР-70К, з'явилася технічна можливість зменшити зварювальний струм при наплавленні з метою меншої участі основного металу в наплавленому.

В металі, наплавленому електродами марки НР-70К спостерігається значний відсоток металу з аустенітною структурою (рис. 5.2), що є наслідком аустенізуючих властивостей кобальту, в той час як в металі, наплавленому електродами марки НР-70, спостерігається воосновному структура мартенситу (рис. 5.1).

г) Досліджений наплавочний матеріал (електроди марки НР-70К) задовольняє вимоги з роботоздатності, що необхідні для відновлення рейок на залізній дорозі України зі звичайними швидкостями руху до 160 км.

5.4 Технологія наплавлення рейок електродами марки НР-70К в умовах залізної дороги

Наплавляють окремими валиками з повним послідовним охолодженням кожного валика.

Для проведення наплавлення рейок в умовах шляху електродами марки НР-70К обрали зварювальний інвертор моделі АТОМ 350.

Для зачищення наплавленого металу рекомендоване застосування кутової шліфувальної машинки моделі GA 9020SF Makita та спеціального рейколіфувального станка моделі ВШР-1-01.

5.5 Режими наплавлення дослідних зразків

Режими наплавлення електродами НР-70К – табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Режим наплавлення електродами марки HP70K

Найменування параметру	Показник
Діаметр електроду, мм	5
Просушка електродів перед зварюванням, °C/на протязі, год	300-350/1-2
Рід та полярність зварювального струму	Постійний струм, полярність зворотня
Сила зварювального струму, А	190-210
Зварювальна напруга, В	26-28
Довжина зварювальної дуги, мм	2-3
Кут нахилу електроду по відношенню до вертикалі, °	15-20
Ширина наплавлених валиків, мм	12,5-15
Перекриття валиків, мм	4-5
Витримка між проходами (сусідніми валиками), хв	2-5

5.6 Контроль якості наплавлення

При контролюванні якості ремонтного наплавлення в умовах шляху передбачений комплексний контроль, що включає візуальний контроль за допомогою лупи 20 кратного збільшення, та неруйнівний контроль за допомогою ультразвуку.

Фізичний неруйнівний контроль наплавленого металу на зразках виконували приладом ультразвукового контролю типу УДЗ-71.

5.7 Зварювальне та допоміжне обладнання за технологією

Для попереднього підігріву основного металу обрано газової горілки моделі ГП-1 «Вулкан». Технічна характеристика газової горілки – табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Технічна характеристика газової горілки ГП-1 «Вулкан»

Найменування параметру	Показник
Тиск газів на вході в горілку, МПа	
- кисень	0,6 – 1,0
- пропан-бутанова суміш та природний газ	0,15 - 0,25
- ацетилен	0,003 – 0,12
Витрата газів, м ³ /год	
- кисень	4,5 – 6,0
- пропан-бутанова суміш та природний газ	1,5 – 2,0
- ацетилен	4,0 – 5,5
Температура полум'я в зоні нагріву (середня), °С	
- пропан-бутанова суміш	2500
- природний газ	2400
- ацетилен	3150
Вага горілки, кг	1,2
Габаритні розміри, мм	1200x180x70

Для контролю за температурою основного металу під час попереднього підігріву перед наплавленням обрано лазерного пірометра моделі GM400 (табл. 5.6).

Для проведення наплавлених робіт штучним електродом в умовах шляху за технологією обрано зварювального інвертору моделі АТОМ 350 (табл. 5.7).

Таблиця 5.6 – Технічна характеристика лазерного пірометра GM400

Найменування параметру	Показник
Діапазон температур:	Від -50 °C до + 400 °C
Крок вимірювання	0,1 °C
Допустима похибка, %	± 1,5
Час відповіді, мс	500
Режим енергозбереження	Авто-відключення через 7 с
Час роботи від батарейок	12 годин безперервних вимірювань
Габарити, мм	150x80x35

Таблиця 5.7 – Технічна характеристика зварювального інвертору АТОМ 350

Найменування параметру	Показник
Робоча напруга (± 15 %)	220
Потужність, що споживається, кВт	8
Зварювальний струм, А	10-350
Робочий цикл (5 хв, 190 А), %	100
Робочий цикл (5 хв, 240 А), %	60
Напруга холостого ходу, В	55
ККД, %	90
Діаметр електродів для використання, мм	1,6-5
Степень захисту	IP21
Вага, кг	6,6
Габаритні розміри, мм	265x200x180

Для грубого та кінцевого зачищення наплавленого металу технологією передбачене використання кутової шліфувальної машинки GA 9020SF Makita (табл. 5.9) та спеціального рейкошліфувального пристрою ВШР-1-01 (табл. 5.8).

Таблиця 5.8 – Технічна характеристика рейкошліфувального пристрою ВШР-1-01

Найменування параметру	Показник
Двигун	
Тип	3-х фазний, асинхронний
Номінальна потужність, кВт	2,2
Частота струму, Гц	50
Номінальна напруга, В	380
Частота обертання, об/хв	2880
Редуктор	
Тип	Циліндричний одноступеневий
Частота обертання на вихідному валу редуктора, хв. ⁻¹	4435
Тип рейок що обробляються	P50, P65
Шліфувальний круг	
Наружний діаметр, мм	150
Внутрішній діаметр, мм	51
Величина регулювання шліфувального круга по висоті:	
- за один оберт маховика, мм	1
- загальна	60
Габаритні розміри, мм	
-довжина	1150
-ширина	480
-висота	780
Базова відстань по крайнім роликам, мм	1090 ± 5
Ступінь захисту по ГОСТ 14254	IP21X
Вага, кг	65

Таблиця 5.9 – Технічна характеристика кутової шліфувальної машинки GA 9020SF Makita

Найменування параметру	Показник
Живлення, В	~ 220
Потужність що споживається, Вт	2200
Швидкість обертання диску, хв. ⁻¹	230
Вага, кг	4,7

6 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКІ РОЗРОБКИ

Конструкторською частиною дипломного проекту передбачений аналіз потреби у спеціальному нестандартному збирально-зварювальному та допоміжному оснащенні, а також наведені особливості його конструкції та принципу роботи.

Проектом передбачений розрахунок приводу для обертання роликів на приймальному столі для рейкових плітей, що виходять після стаціонарної машини контактного зварювання залізничних рейок. Також встановлені необхідні конструктивні розміри приймального столу, та розраховані перетини несучих елементів для забезпечення стійкості під навантаженням від рейкової пліті. Також в цій частині передбачені заходи з планування та розрахунку складально-зварювальної ділянки.

За альтернативною технологією укрупненого контактного зтикового зварювання залізничних рейок типу Р65 в умовах зварювального цеху виникає необхідність у виготовленні спеціального приймального столу з привідними барабанами за допомогою котрих рейкова пліть по мірі її нарощування відводиться від зварювальної машини за принципом конвейєру або рольгангу (ГКІЮ 012817.008 СК). До того ж, на цьому столі, при зупинці обертання транспортуючих барабанів, проводяться заключні операції з зачистки грату на зварних швах, та операції контролю.

6.1 Опис конструкції. Технічна характеристика та принцип роботи нестандартного допоміжного обладнання

Конструктивна висота вказаного нестандартного обладнання повинна забезпечувати подачу рейкової пліті на одному рівні з транспортуючими

залізничними платформами. Вказана особливість дозволить полегшити операції з вантаження рейкових плітей для відправлення на монтаж в умовах відкритого майданчика.

Конструкція приймального столу прийнята секційною, що покращує умови його виготовлення, транспортування та монтажу. Відстань між суміжними транспортуючими барабанами складає 1000 мм. Потужність приводу розрахована на транспортування однієї рейкової пліті довжиною 125 м з прокату Р65.

Кожний барабан (окрім першого приймального) є привідним і отримує передачу за допомогою зірки та ланцюга від головного барабану, встановленого на одній вісі з редуктором (ГКІЮ 012817.008 СК).

Коректування натягнення привідного ланцюга передбачається конструкцією опорних столиків привідних барабанів.

Висота столу встановлена за умови розміщення на одному рівні роликів барабанів що транспортують контрукцію, з виходом для деталі від контактної машини зварювання.

До того ж, важливою умовою при встановленні конструктивних розмірів вказаного столу є суміщення його висоти з висотою відкритих залізничних платформ, котрими відбуватиметься транспортування виробу на монтаж. Вказане суміщення дозволить значно механізувати та прискорити відвантаження готових рейкових плітей значної довжини на монтаж.

6.2 Розрахунок приводу обертання транспортуючих барабанів на приймальному столі

Визначаю момент від сил тертя в підшипникових опорах барабанів [16]:

$$M_{\text{тер.р}} = (Q_{\text{м}} + n_{\text{р}} \cdot G_{\text{р}}) \cdot \mu_{\text{пр}} \cdot \frac{d_{\text{пр}}}{2} = (85 + 125 \cdot 0,3) \cdot 0,008 \cdot \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ Нм} \quad (6.1)$$

де Q_m – вага металу, що транспортується, кН;

$Q_m = 85$ (вага рейкової пліти довжиною 125м);

n_p – кількість барабанів в конструкції столу, шт; $n_p = 125$

G_p – вага барабану, кН; $G_p = 0,3$

$\mu_{пр}$ – коефіцієнт тертя в підшипниках; $\mu_{пр} = 0,008$;

$d_{пр}$ – діаметр внутрішнього кільця підшипника, $d_{пр} = 0,1$ м

Момент тертя при можливому проковзуванні:

$$M_{прок.р} = (Q_m \cdot m_{бр}) \cdot \frac{d_{ср}}{2} = (85 \cdot 0,3) \cdot \frac{0,15}{2} = 1,91 \text{ Нм}, \quad (6.2)$$

де $m_{бр}$ – коефіцієнт тертя при проковзуванні $m_{бр} = 0,3$;

d_p – діаметр ролика; $d_p = 0,15$ м

Повний статичний момент:

$$M_{ст.р.} = M_{тер.р} + M_{прок.р} = 0,05 + 1,91 = 1,96 \text{ Нм}. \quad (6.3)$$

Необхідна потужність для приведення в рух барабанів з вантажем:

$$P_p = M_{стр} \cdot \frac{W_6}{\eta} = 1,96 \cdot \frac{10}{0,97} = 20,2 \text{ кВт}. \quad (6.4)$$

де η – к.к.д. передачі, що передає оберти від двигуна на привідні барабани, $\eta = 0,97$;

W_p – частота обертання барабанів, $W_p = 6 \dots 15$ об/хв (для умов за технологією);

Оскільки розрахована потужність достатньо висока для встановлення двигуна безпосередньо на один вал з привідним барабаном, а оптимальна швидкість обертання валу досить мала (10 об/хв), необхідно в кінематичну схему ввести додатковий редуктор, що підвищить крутний момент на привідному валу барабану при меншій потужності електродвигуна.

Необхідний крутний момент редуктора:

$$M_{кр} = \frac{P \cdot 9550 \cdot \eta}{n_1 \cdot 100} = \frac{P \cdot 9550 \cdot 0,97}{10 \cdot 100} = 187 \text{ Нм}, \quad (6.5)$$

де Р – необхідна потужність, $P = P_p = 20,2 \text{ кВт}$;

η – к.к.д. редуктора; $\eta = 0,97$;

n – кількість обертів валу, $n = 10 \text{ об/хв}$;

Обираю за каталогом мотор-редуктор МЧ-100 (табл. 6.1), котрий призначений для роботи в якості приводу загальномашинобудівного застосування за ДСТУ 2279-93. Широко використовується в вантажопідйомному обладнанні, в транспортних і оброблюваних машинах, ін.

Таблиця 6.1 – Технічна характеристика мотор-редуктора МЧ-100

Номінальна частота обертання вихідного валу, хв.^{-1}	Номінальний крутний момент на вихідному валу, Н·м	ККД, % в безперервному режимі з ПВ = 100 %, не менше	Типорозмір двигуна серії АІР	Потужність двигуна, кВт	Вага, кг
11,4	270	93	112М4	5,5	100

Для можливості миттєвого гальмування привідних барабанів столу, рекомендоване застосування постійно діючих колодкових гальм, що рекомендовано встановити на вал першого привідного барабану.

Рекомендовані гальма типу ТКТ-200.

6.3 Розрахунок і план ділянки

Для визначення проекту зварювального цеху (ГКІЮ 012817.009) з укрупненого зварювання залізничних рейок у пліті, встановлені основні дані до розрахунку (табл. 6.2), наведений перелік застосованого обладнання з зазначенням основних його геометричних розмірів та врахований тип зазначеного виробництва, його ритм, а також ступінь механізації.

Таблиця 6.2 – Вихідні данні зварювального цеху

Параметри	Значення
Річна програма виробництва, шт	2315
Габарити готових плітей (ДхШхВ), мм	125000х150х180
Загальна кількість робітників за технологією, чол	18
Наявність цехового вантажопідйомного транспорту на ділянці	2 мостових крани в.п. 2х15 т
Наявність цехового вантажотранспортного рухомого складу	2 автогідронавантажувача, в.п 3 т
Наявність проїзду	центральний наскрізний автомобільний проїзд для аварійно-пожежного транспорту
Наявність складів всередині цеху	один відкритий склад для зберігання тижневої норми заготовок (рейок), поєднаний з заготівельним майданчиком, а також відкритий склад для зберігання тижневої норми готових рейкових плітей
Параметри	Значення
Наявність службових приміщень	1 службове приміщення площею 35 м ² для ІТП та адміністрації, та 3 приміщення санітарно-побутового призначення площею 15 м ² кожне
Кількість основного складально-зварювального обладнання за технологією, шт	4

Таблиця 6.3 – Загальний перелік обладнання складально-зварювального цеху що впливає на розрахунок площі

Тип застосованого обладнання	Кількість, шт	Геометричні розміри (ДхШхВ), мм	Вага 1 од обладнання, кг
Основне складально-зварювальне обладнання за технологією			
Допоміжний стіл подачі заготовок рейок	2	10000x2000x1400	2500
Допоміжний приймальний стіл готових плітей з рейок	2	125000x2000x1400	12000
Машина контактного зварювання К-1000	2	5650x1640x2780	12850
Стіл зварювальний	3	2000x870x900	180
Верстат слюсарний	10	2000x870x900	130
Верстат токарний 1К62	2	2522x1166x1324	2065
Верстат фрезерувальний 6н80	2	1360x1860x1530	1150
Верстат свердлувальний	2	1200x800x950	400
Верстат шліфувальний	2	1100x750x900	350

Довжину зварювального цеху розраховували з можливістю розміщення в ньому зварювальної ділянки з двома стаціонарними машинами контактного зварювання, парку механічного обладнання, слюсарної ділянки та адміністративно-побутових приміщень [17]. При цьому передбачена можливість проїзду цехового та аварійно-пожежного автотранспорту та його доступу на всі виробничі ділянки.

Порядок розрахунку наступний:

Враховуючи специфіку проведення робіт з укрупненого зварювання рейкової пліті довжиною біля 125 м, проводжу компонування цеху таким чином, щоб пліть котра поступово підрощується в процесі укрупнення подавалася на двір у зону роботи козлових кранів, що дозволить оптимізувати площу цеху.

Також, при визначенні площі цеху беру до уваги можливість його

розміщення у стандартному блоці цехів площею 72 м на 72 м.

Враховуючи стандартний крок між колонами в 12 м приймаємо 6 прольотів між колонами по 12 м (72 м). Враховуючи першу колону, їх кількість складе 7 колон з пілястрами для встановлення підкранових балок мостових кранів цеху.

Для будівель, обладнаних мостовими кранами, ширина прольоту встановлюється 18, 24 чи 30 м [17].

Приймаємо довжину прольоту $L_{\text{прол}} = 24$ м.

Загальна висота прольоту цеху визначається за формулою:

$$H_{\text{пр}} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5, \quad (6.6)$$

де h_1 – висота конструкцій над якими проноситься вантаж, м;

h_2 – безпечний зазор при пронесенні однієї конструкції над іншою, м;

h_3 – висота вантажу, що піднімається, м;

h_4 – висота стропів, м;

h_5 – мінімальна відстань від головки підкранової колії до нижньої точки вантажного крюка, м

Найвищим об'єктом в цеху, над яким можливий пронос конструкцій може бути штабель з тимчасовим зберіганням заготовок рейок стандартної довжини (12,5 м)

Висота штабелю всередньому біля 5000 мм від рівня підлоги цеху. Отже, $h_1 = 5,0$ м

Безпечний зазор при пронесенні конструкції над локомотивом у відповідності з вимогами [17] приймаємо 1000 мм. Отже, $h_2 = 1$ м

Висота вантажу, що піднімається відповідає висоті профілю рейки типу Р65 і складає: $h_3 = 0,18$ м

Висоту стропів розраховуємо виходячи у відповідності з розробленою схемою стропування готової залізничної пліти довжиною біля 125 м, за якої рекомендоване підвішування пліти прямими стропами з довжиною $L_{\text{стр}} = 2000$ мм, тобто $h_4 = 2$ м.

Величина h_5 залежить від конструктиву мостових кранів цеху і складає 1,2 м.

$$H_{пр} = 5,0 + 1 + 0,18 + 2 + 1,2 = 9,38 \text{ м.}$$

Отриману величину узгоджую зі стандартною висотою дільниць з вантажопідйомним обладнанням у відповідності до вимог [17].

Найближчою за стандартним переліком є висота 12,65 м, яку і призначаю.

Загальну висоту будівлі до першого елементу ферми покрівлі встановлюю конструктивно (рис. 7.1)

Планувальне креслення дільниці – ГКІЮ 012817.009.

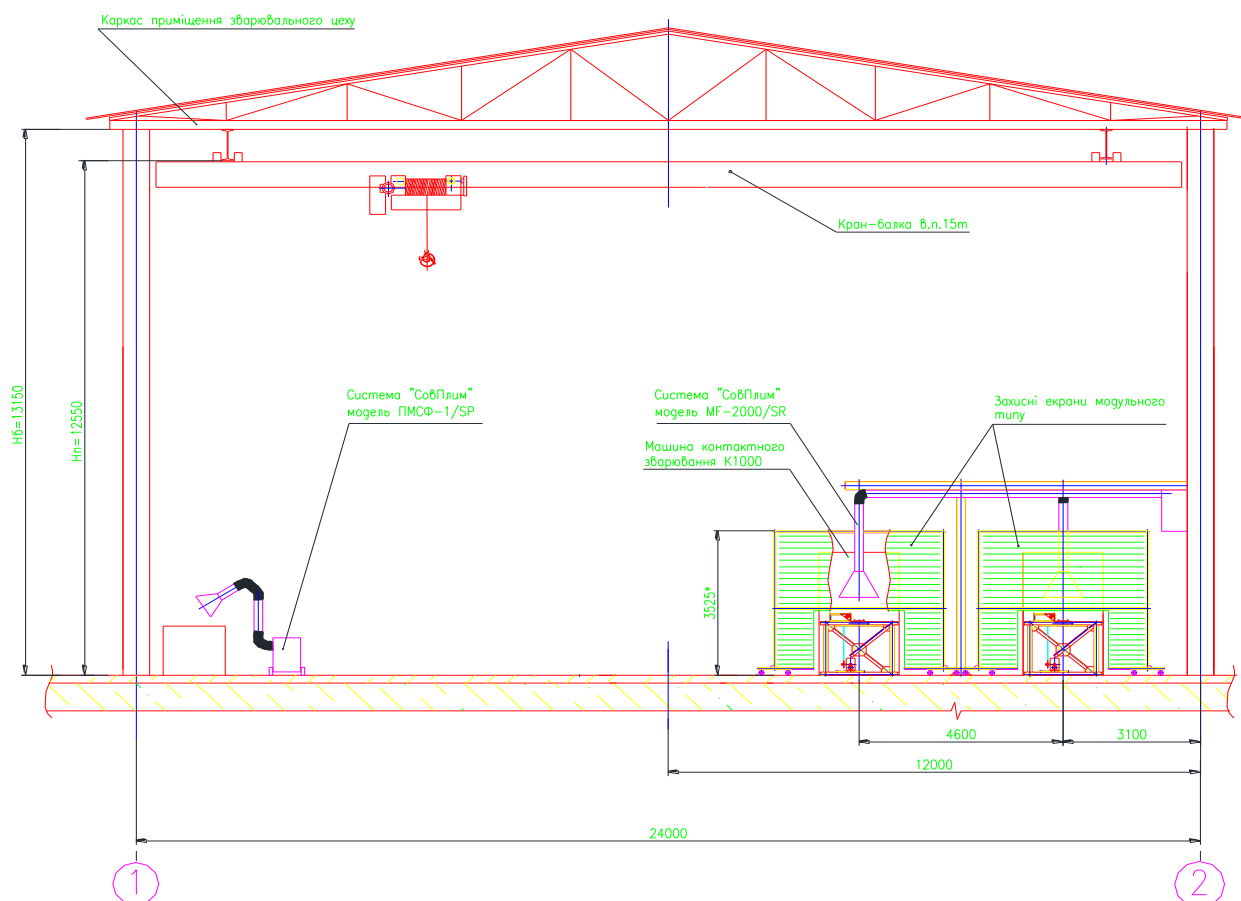


Рисунок 6.1 – Схема визначення висоти прольоту

7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

Для визначення економічної доцільності розробки альтернативної технології контактного стикового зварювання залізничних рейок типу Р65 в даному розділі розглянуті аспекти організації виробництва продукції, планування витрат на виробництво, та економічне обґрунтування запропонованих розробок (ГКІЮ 012817.010).

7.1 Організація виробництва продукції

Для можливості організації складально-зварювальнорго та наплавочного виробництва, а також розрахунку основних його економічних показників у даному розділі прономовані операції технологічного процесу, розраховано виробничу програму, обрано тип виробництва, розрахована кількість обладнання та виробнича площа дільниці, розрахована чисельність персоналу [18].

7.1.1 Технічне нормування технологічних операцій і розрахунок трудомісткості робіт

Технічне нормування, завершальний етап проектування технології виготовлення зварної конструкції.

Вихідними даними для нормування складання і зварювання є:

- креслення загального вигляду виробу із специфікацією;
- схема складання і зварювання з вказівкою зварних з'єднань і швів;

- таблиця площ зварних швів при контактному зварюванні;
- стандарт способу зварювання.

Метою технічного нормування є встановлення технічно обґрунтованих норм часу на складально-зварювальні операції.

Норма часу (НЧР) складально-зварювальних робіт [19] складається з:

- $T_{\text{ОПЕР}}$ - оперативного часу, який складається з основного часу ($T_{\text{ОСН}}$), допоміжного часу ($T_{\text{ДОП}}$), $T_{\text{ОПЕР}} = T_{\text{ОСН}} + T_{\text{ДОП}}$, хв
- $T_{\text{ОБСЛ.ВІДП}}$ - час на обслуговування, відпочинок і природні потреби;
- $T_{\text{ПЗ}}$ - час на підготовчо-завершальні операції.

$$\text{НЧР} = T_{\text{ОПЕР}} + T_{\text{ОБСЛ.ВІД}} + T_{\text{ПЗ}}, \text{ хв.} \quad (7.1)$$

$$\text{НЧР} = (T_{\text{ОПЕР}} + T_{\text{ОБСЛ.ВІД}} + T_{\text{ПЗ}})/60, \text{ годин.} \quad (7.2)$$

Порядок розрахунку норми часу складально-зварювальних робіт наступний:

- відповідно до схеми складання визначити тудомісткість робіт та склад бригади робітників у відповідності з вимогами [19];
- відповідно до схеми зварювання вибрати нормативи згідно «ЕНиР. Збірник Е16. Споруди верхньої будови залізничних колій» [19];
- виробити розрахунки штучного ($T_{\text{ш}_c}$) часу по контактному стиковому зварюванні зтиків залізничних рейок за технологією і занести в табл. 7.1.

Норма штучного часу розраховується за формулою:

$$T_{\text{ш}_c} = (t_{oc} + t_d) \cdot K, \quad (7.3)$$

де t_{oc} – основний час зварювання одного зтику, хв;

$$t_{oc} = t_{\Pi} + t_{\text{ОПЛ}} + t_{\text{ОСАД}} = 1 + 3,6 + 0,03 = 4,63 \text{ хв.} \quad (7.4)$$

де t_{Π} – час підключення зварювальної машини, хв; $t_{\Pi} = 1$ хв (встановлено

експериментально на обладнанні);

$t_{\text{ОПЛ}}$ – час оплавлення деталі, хв; $t_{\text{ОПЛ}} = 3,6$ (табл. 5.4);

$t_{\text{ОСАД}}$ – час осадження, хв; $t_{\text{ОСАД}} = 0,03$ хв (табл. 5.4);

t_d – допоміжний час на операцію, хв;

З урахуванням часу, що потрібен на підрізання проміжної вставки в зварний стик, та зачищення грату після контактного стикового зварювання (фактичні данні базового підприємства):

$$t_d = 2 \cdot t_{oc} = 2 \cdot 4,63 = 9,26 \text{ хв}, \quad (7.5)$$

K – коефіцієнт, що враховує час на організаційно-технічне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби:

$$K = 1 + \frac{A_{\text{абс}} + A_{\text{відп}}}{100}, \quad (7.6)$$

де $A_{\text{абс}}$ – час організаційно-технічного обслуговування робочого місця, % від операційного часу; $A_{\text{абс}} = 3 \%$ [14];

$A_{\text{відп}}$ – час на відпочинок і особисті потреби, % від оперативного часу;
 $A_{\text{відп}} = 20 \%$ [19];

$$K = 1 + \frac{3 + 20}{100} = 1,23.$$

$$T_{\text{шс}} = (4,63 + 9,26) \cdot 1,23 = 17,1 \text{ хв.}$$

Тобто, норма штучного часу на виконання контактного стикового зварювання одного стику залізничних рейок типу Р65 в умовах зварювального цеху становитиме: $T_{\text{шс}} = 17,1$ хв.

Звідси, час на виготовлення в умовах зварювального цеху однієї пліти з 10 рейкових секцій стандартної довжини (12,5 м) становитиме відповідно:

$$T_{ш_{пліті}} = Ч_{ст} \cdot T_{ш_c} = 9 \cdot 17,1 = 153,9 \text{ хв}, \quad (7.7)$$

де $Ч_{ст}$ – число зварних стиків при зварюванні пліті; $Ч_{ст} = 9$ (для пліті з 10 секцій).

При розрахунках норми часу на зварювання рейкових плітей між собою в умовах монтажу додатково до розрахованої норми часу $T_{ш_c}$ слід додавати додатковий час на транспортно-розвантажувальні операції, операції з контролю геометричного положення плітей та ін.

Вказаний додатковий час при проведенні монтажних операцій в умовах шляху регламентується відповідними нормами [19].

Склад бригади робітників на операцію у відповідності з вимогами [19], та у відповідності з умовами, передбаченими альтернативною технологією в дипломному проекті:

Під однією операцією розуміємо повний цикл виготовлення однієї рейкової пліті в умовах зварювального цеху, та подача її на тимчасове зберігання у штабель.

Спеціалісти робочих спеціальностей:

Слюсар зі складання металоконструкцій 5 розр. – 2 чол.; 6 розр. - 1 чол.;

Електрозварник з контактного зварювання 6 розр. – 2 чол.;

Службовці та ІТР, що зайняті на операції:

дефектоскопіст з УЗК 6 розр. -1 чол.; 5 розр. – 1 чол.;

інженер-технолог зі зварювання – 1 категорія – 1 чол.

Вказаний перелік робітників за основною операцією з контактного зварювання є базовим для розрахунку загальної чисельності персоналу ділянки.

При проведенні розрахунку загальної чисельності персоналу зважати на те що, за технологією передбачена одночасна робота двох стаціонарних машин для контактної зварювання рейок в умовах цеху.

Як видно з розрахунків норм часу на операції, для їх досягнення потрібний певний штат робітників що визначає трудомісткість даних робіт.

Між нормами часу та трудомісткістю існує певний зв'язок.

Трудомісткість праці, це норма часу помножена на кількість робітників, що

виконують операцію.

Згідно цього проводжу розрахунок трудомісткості робіт з виготовлення ланки, та її монтажу.

Трудомісткість складальних робіт при складанні (ТР_{скл.}) складе [19]:

$$ТР_{скл} = НЧР_{скл} \cdot N, \text{ люд-год}, \quad (7.8)$$

де НЧР_{скл} – норма часу на складання, год; $НЧР_{скл} = T_{ш_{пліті}} = 153,9 \text{ хв} = 2,565 \text{ год}$

N – кількість робітників, люд; N = 8 людей (див. перелік персоналу на операцію).

$$ТР_{скл} = 153,9/60 \cdot 8 = 0,32 \text{ люд-год.}$$

Отримані норми часу та трудомісткість виготовлення та однієї пліті з залізничних рейок типу Р65 з урахуванням всіх підготовчо-заклучних операцій за альтернативною технологією вказую в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 - Трудомісткість виготовлення та монтажу однієї ланки
за альтернативною технологією

Вид операції	Норма часу, хв	Трудомісткість, люд-год	Кількість та вид робітників, чол		
			Слюсарі	Зварювальники	Службовці та ІТР
Виготовлення однієї рейкової пліті					
Повний цикл виготовлення	153,9	0,32	6 розр. - 1; 5 розр. - 2;	6 розр. - 1; 5 розр. - 1;	6 розр. - 1; 5 розр. - 1; 1 категор.
РАЗОМ	153,9	0,32	3	2	3

7.1.2 Виробнича програма

На основі визначення норм часу по виготовленню виробу встановлюємо річну виробничу програму виробів у штуках.

Розрахунок виробничої програми ділянки, потокової механізованої лінії наведений в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 - Виробнича програма виробів на рік

Найменування виробу	Норма часу на одиницю виробу, нормо-годин	Річна виробнича програма (працює дві лінії зі зварювання одночасно)	
		Одиниць	Нормо-годин
Пліть з залізничних рейок типу Р65	2,565	2315	5938
Усього	2,565	2315	5938

7.1.3 Розрахунок кількості обладнання та площі ділянки

Розрахунок необхідної кількості обладнання ведеться за формулою [18]:

$$G_0 = \sum_{i=1}^m \frac{t_i \cdot N_i}{F_{до}}, \quad (7.9)$$

де G_0 – кількість обладнання за розрахунком, одиниць;

m - кількість видів робіт;

t_i – норма часу i -тої операції, нормо-годин;

N_i - річна виробнича програма i -того виробу, одиниць;

$F_{до}$ - дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.

Прийнята кількість обладнання встановлюється шляхом округлення до цілої

величини (G_{op}).

Коефіцієнт завантаження обладнання [18]:

$$K_3 = \frac{G_0}{G_{po}}, \quad (7.10)$$

де G_{po} – прийнята кількість обладнання, одиниць

Середній коефіцієнт завантаження обладнання на ділянці повинен бути не нижче, чим 0,85.

На машинобудівних заводах найбільш поширеним є двозмінний режим роботи при п'ятиденному робочому тижні – 40 год;

Тривалість робочої зміни – 8 год;

Номінальний річний фонд часу роботи обладнання:

Однозмінний режим – 2080 год;

Двозмінний режим – 4160 год;

Трьохзмінний режим - 6240 год

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання визначається за формулою [20]:

$$F_{до} = F_{ном} (1 - K_v) = 2080 (1 - 0,09) = 1893, \text{ год}, \quad (7.11)$$

де K_v - коефіцієнт витрат часу на ремонти та обслуговування обладнання (0,07 - 0,1)

Кількість обладнання при допоміжних операціях для забезпечення зварювання:

$$G_o = \frac{1,4 \cdot 2315}{1893} = 1,71. \quad (7.12)$$

де $t_i = 9 \cdot t_d = 9 \cdot 0,154 = 1,4$ год;

t_d – допоміжний час на операцію, год.

Приймаю 2 одиниці додаткового обладнання – приймальний роликовий стенд для пліті (по одному столу для кожної лінії).

Кількість обладнання для забезпечення контактного стикового зварювання:

$$G_o = \frac{0,72 \cdot 2315}{1893} = 0,9. \quad (7.13)$$

де $t_i = 9 \cdot t_{oc} = 9 \cdot 0,08 = 0,72$ год;

t_{oc} – основний час зварювання одного зтику, год.

Приймаю 2 одиниці обладнання – стаціонарні машини для контактного стикового зварювання оплавленням залізничних рейок типу Р65.

Коефіцієнти завантаження обладнання відповідно становитимуть:

Допоміжні операції для забезпечення зварювання

$$K_3 = \frac{1,71}{2} = 0,85.$$

Операції з контактного зтикового зварювання

$$K_3 = \frac{0,9}{2} = 0,45.$$

Усі розрахунки по обладнанню наведені в табл. 7.3.

Загальна потужність виробничого обладнання з урахуванням потужностей кран-балок, відрізних верстатів, кутових шліфувальних машинок, підігрівачів води та ін., приймаю 400 кВт.

Виробнича площа дільниці, виходячи з кількості обладнання, робочих місць та питомої площі з додаванням 20 % (проходи, проїзди та ін.)

Таблиця 7.3 - Розрахунки обладнання

Найменування обладнання	Модель	Кількість обладнання		Коефіцієнт завантаження	Потужність двигунів, кВт/год	
		За розрахунком	Прийнята		одиниці	усього обладнання
Роликовий приймальний стенд		1,71	2	0,85	2 x 2,0	8,0
Токарно-гвинторізний верстат	1К62	1	1	1,0	10	10
Фрезерувальний верстат	6н80	2	2	0,95	3	6
Інше обладнання (відрізні, зачисні верстати, свердлувальні та ін				1,0		7
Стаціонарна машина контактного зварювання	К-1000	0,9	2	0,45	180	360
Усього		5,61	7	0,85		391

7.1.4 Розрахунок чисельності персоналу дільниці

Чисельність основних виробничих робітників дільниці на нормованих роботах розраховується по операціям згідно з розрядами і професіями за формулою [19]:

$$R_0 = \frac{\sum_{i=1}^m t_i \cdot N_i}{F_{\text{др}}}, \quad (7.14)$$

де R_0 - чисельність основних виробничих робітників;

m - кількість видів робіт;

t_i - норма часу i -тої операції, нормо-год;

N_i - річна виробнича програма i -го виробу, одиниць;

$F_{\text{д.р}}$ – дійсний річний фонд часу роботи одного робітника, год;

$K_{\text{в.н}}$ – коефіцієнт виконання норм виробітку ($K_{\text{вн}} = 1,05$).

Дійсний річний фонд часу роботи робітника визначається за формулою [19]:

$$F_{\text{д.р}} = F_{\text{ном}} (1 - h) = 2080 \cdot (1 - 0,15) = 1768 \text{ год}, \quad (7.15)$$

де $F_{\text{ном}}$ береться для однозмінного режиму 2080 год;

h - плановий коефіцієнт невиходів робітників на роботу (0,12 - 0,15).

Отже, чисельність основних виробничих робітників при операціях зі складання рейкових плітей під зварювання:

$$R_0 = \frac{1,4 \cdot 2315}{1768} = 1,83.$$

Приймаю 2 чоловіки – 1 слюсар зі складання металоконструкцій 6 розр і 1 слюсар зі складання металоконструкцій 5 розр.

Чисельність основних виробничих робітників при операціях з контактного зтикового зварювання:

$$R_0 = \frac{0,72 \cdot 2315}{1768} = 0,94.$$

Приймаю 2 чоловіки (по одному на кожну зварювальну машину) – обидва електрозварювальники 6 розр.

Чисельність допоміжних робітників по професіям розраховується за

нормами обслуговування, та згідно типового переліку професій допоміжних робітників на ділянці, та у відповідності з попередніми розрахунками (7.9).

Приймаю 11 допоміжних робітника – 1 наладчик 6 розр, 1 електрик-ремонтник 6 розр, 2 оператори зачисних машин 5 розр., один токар 6 розр., 2 фрезерувальника – 5 розр. та 6 розр., 2 кранівника 6 розр. і 2 контролера-дефектоскопіста 6 розр.

Чисельність робітників і спеціалістів ділянки (майстер, технолог) розраховується за штатним розкладом:

- майстер (один на 25 виробничих робітників)
- технолог (один на ділянку)

Загальна чисельність персоналу ділянки наведена в табл. 7.4.

7.2 Планування витрат на виробництво

В даному розділі необхідно запланувати матеріальні витрати, витрати на основні засоби, розрахувати фонд оплати праці персоналу, та скласти калькуляцію собівартості продукції.

7.2.1 Матеріальні витрати

Вартість основних та допоміжних матеріалів розраховується на основі норм використання та цін. Крім того необхідно врахувати транспортно-заготівельні витрати (5-7 % від вартості матеріалів), та вартість зворотних відходів (віднімаються).

До основних матеріалів слід віднести металопрокат для заготовок, виготовлених на складально-зварювальній ділянці.

Таблиця 7.4 – Загальна чисельність персоналу

Персонал	Чисель- ність	У тому числі за розрядом						У т.ч. за змінками	
		I	II	III	IV	V	VI	I	II
Основні робітники:									
1.Слюсар зі складання металевих конструкцій	2						2	+	
2.Зварювальник	2						2	+	
Усього	4						4	+	
Допоміжні									
1. Наладчик	1						1	+	
2. Електрик-ремонтник	1						1	+	
3. Оператор зачисної машини	2						2	+	
4. Токар	1						1	+	
5. Фрезерувальник	2						2	+	
6. Кранівник	2						2	+	
7. Контролер-дефектоскопіст	2						2	+	
Усього	11					3	8		
Керівники									
1. Майстер	1							+	
Спеціалісти									
1.Технолог	1							+	
2. Інженер зі зварювання	1							+	
Усього	3								
Разом	18								

До допоміжних матеріалів слід віднести ті матеріали, які споживаються для здійснення технологічних процесів, наприклад зварювальні та присадочні матеріали, флюси, газ для різки та зварювання, електроди.

На складально-зварювальну діляницю надходять купівельні комплектуючі вироби та напівфабрикати.

Розрахунок вартості матеріальних витрат, наведено в табл. 7.6 та 7.7.

Таблиця 7.5 – Розрахунок вартості купівельних комплектуючих виробів та напівфабрикатів [20]

Найменування купівельних комплектуючих виробів та напівфабрикатів	Кількість у виробі, одиниць	Вартість за один., грн	Річна кількість комплектуючих виробів та напівфабрикатів	Річна вартість комплектуючих з урахуванням транспортно- заготівельних витрат, тис. грн.
1.Захват лещатний для рейок ГОСТ 25573-82	50	500	50	25000
2.Строп вантажний канатний L = 2500 мм	30	800	30	24000
3.Скоба вантажна в.п. 10 т ОСТ 5.2312-79	20	350	20	7000
4. Круги зачисні алмазні D = 150 мм	50	200	50	10000
5. Круги відрізні D = 220 мм	150	50	150	7500
Усього	300		300	73500

Таблиця 7.6 - Розрахунок вартості основних та допоміжних матеріалів [20]

Найменування матеріалу, марка ГОСТ, розмір	Норма витрат		Ціна за 1 т матеріалу, грн	Вартість на програму тис. грн	Реалізовані відходи				Вартість на програму за мінусом відходів тис. грн	
	На виріб, кг	На програму, кг			На виріб, кг	На програму, кг	Ціна 1 т, грн	Вартість на програму	За прейскурантом	З рахуванням транспортно-заготівельних
1. Залізнична рейка типу Р65 ГОСТ 8161-75	8125	18809375	18000	338568750	-	-	-	-	338568750	372425625
2. Брус зі сталі AISI 316L для вставки між швами. $L_{вст} = 40\text{мм}$ Геом. розміри бруса у відпов. 3	27	62505	130000	81256550	0,5	1157	55000	63635	8062015	8868217
3. Контактні губки зварювальної	-	20шт	1800/шт	36000	-	40 кг (20шт)	64000	2560	33440	36784
4. Дерев'яний брус 100x250x1500мм сосна ГОСТ 8486-86	0,1 м ³	232 м ³	1900 грн/м ³	440800	-	-	-	-	440800	484880
Усього	-	-	-	347171200	-	-	-	-	347105005	381815506

7.2.2 Вартість основних засобів

Вартість основних засобів передбачає наступні розрахунки:

- вартість будівель визначається на основі розрахованої загальної площі (план ділянки потоково-механізованої лінії) та вартості 1 м² будівель, 300-500 грн за 1 м²;
- вартість споруд складає 5 % вартості будівель;
- вартість обладнання наведена в таблиці 7.7 з урахуванням транспортно-заготівельних витрат і монтаж (10 - 15 %); прайс [20];
- вартість цінних інструментів, приладів, (3 - 5 % балансової вартості обладнання);
- вартість транспортних засобів – 3 % балансової вартості обладнання.

Таблиця 7.7 - Розрахунок вартості основного обладнання

Найменування обладнання	Ціна за одиницю, грн	Кількість, одиниць	Балансова вартість, грн
1. Стационарна машина К-1000	170000	2	340000
2. Роликовий приймальний стенд	40000	2	80000
3. Обладнання для відрізання рейок	11000	2	22000
4. Обладнання для стругання рейок	15500	2	31000
5. Обладнання для контролю зварних швів	9000	2	18000
6. Мостовий кран в.п. 2 х 15 т	350000	2	700000
7. Токарний верстат 1К62	110000	1	110000
8. Фрезерувальний верстат 6Н80	90000	2	180000
9. Свердлувальний верстат	1	8000	8000
10. Заточний верстат	2	7500	15000
Усього			1504000

Розрахунок вартості основних засобів, амортизаційних відрахувань, структури основних засобів наведено в табл. 7.8.

Таблиця 7.8 – Вартість основних засобів

Найменування основних засобів	Балансова вартість, грн	Структура, %	Норма амортизації, %	Амортизаційні відрахування, грн
Будівлі	864000	100	5	21600
Споруди	43200	100	10	2160
Обладнання	1504000	100	5	50135
Транспортні засоби	45120	100	3	4512
Цінні інструменти, прилади, інвентар	45120	100	3	1353
Усього	2501440			79760

7.2.3 Фонд оплати праці персоналу

Сума заробітної плати, яка виплачується робітникам підприємства, утворює фонд оплати праці. Фонд заробітної плати розраховується за прийнятими формами та системами оплати праці. Оплата праці основних робітників здійснюється за відрядною формою оплати праці; допоміжних робітників – за погодинною; керівників та спеціалістів – за окладною формою оплати праці.

Планувальні доплати і премії приймаються у розмірі 50 - 60 % від основної заробітної плати. Премії з прибутку складають для робітників – 15 % до основної заробітної плати, для керівників і спеціалістів – 40 %.

Основний фонд заробітної плати основних робітників – відрядників розраховується за формулою [18]:

$$З_{\text{відр.}} = N \sum_{i=1}^B \cdot P_i, \quad (7.16)$$

де v – кількість операцій технологічного процесу;

P_i – розцінка на i -ту операцію, грн;

N - річна виробнича програма виробів, одиниць

Розцінка на операцію розраховується за формулою [19]:

$$P_i = C_i \cdot t_i, \quad (7.17)$$

де C_i - часова тарифна ставка i -того розряду, грн (за даними підприємства)

t_i – норма часу на i -ту операцію, нормо-год.; t_i встановлюю в залежності від операції у відповідності з розрахунками за формулою 7.3 з відокремленням додаткового та основного часу на складання (зварювання) однієї пліти

Результати розрахунку за операціями зведено в табл. 7.9.

Основний фонд заробітної плати основних робітників при операціях складання, підготовки та проведення зварювання складе:

Слюсар зі складання металевих конструкцій 6 розр.:

$$P_i = 33,85 \cdot 1,38 = 46,7 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{відр}} = 2315 \cdot 46,7 = 108110 \text{ грн.}$$

Зварювальник 6 розр.:

$$P_i = 36,45 \cdot 0,72 = 26,25 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{відр}} = 2315 \cdot 26,2 = 60769 \text{ грн.}$$

Таблиця 7.9 - Розрахунок розцінок по операціям

Найменування операції	Норма часу, нормо-годин	Розряд робіт	Годинна тарифна ставка, грн	Розцінка на одиницю продукції, грн	Розцінка на програму, грн
1.Складання та підготовка зварювання	1,38	6 розр.	33,85	46,7	108110 Для двох слюсарів - 216220
2.Контактне стикове зварювання на машині К-1000	0,72	6 розр.	36,45	26,25	60769 Для двох зварювальн. 121538
Усього					337758

Основний фонд заробітної плати допоміжних робітників, які знаходяться на погодинній оплаті праці, розраховується за формулою [19]:

$$З_{\text{погод.}} = C_1 \cdot K_{\text{тар. сер.}} \cdot F_{\text{до}} \cdot R_{\text{доп}}, \quad (7.18)$$

де C_1 - часова тарифна ставка і-го розряду; $C_1 = 29,5$ грн/год (за даними підприємства);

$R_{\text{доп}}$ – чисельність допоміжних робітників, осіб;

$K_{\text{тар.сер.}}$ – середній тарифний коефіцієнт, $K_{\text{тар.сер.}} = 1,7$;

$$K_{\text{тар.сер.}} = \frac{\sum_{i=1}^m K_i \cdot R_{\text{доп.і}}}{R_{\text{доп}}}, \quad (7.19)$$

де m - кількість розрядів допоміжних робітників;

K_i - тарифний коефіцієнт і-того розряду;

$R_{\text{доп. і}}$ – кількість допоміжних робітників і-того розряду.

$$K_{\text{тар.сер}} = \frac{1,7 \cdot 11}{11} = 1,7.$$

$$З_{\text{погод.}} = 29,5 \cdot 1,7 \cdot 1893 \cdot 11 = 1044274 \text{ грн.}$$

Фонд оплати праці керівників і спеціалістів встановлюється індивідуально.

Відрахування в єдиний соціальний внесок розраховуються згідно діючого законодавства.

Фонд оплати праці наведено в табл. 7.10.

7.2.4 Собівартість продукції

Собівартість продукції визначається усіма витратами цеху за слідуючим статтям прямих і непрямих витрат.

7.2.4.1 Прямі витрати

Прямі витрати складаються з:

- купівельні комплектуючі вироби та напівфабрикати (табл. 7.5);
- основні та допоміжні матеріали (табл. 7.6);
- основна заробітна плата основних робітників (табл. 7.9; 7.10);
- додаткова заробітна плата основних робітників (табл. 7.10);
- відрахування в єдиний соціальний внесок (від фонду оплати основних виробничих робітників, табл. 7.10);
- паливо та енергія на технологічні цілі.

В останню статтю має бути включено розрахунок вартості палива та енергії

на здійснення технологічного процесу (зварювання, підігрів, наплавлення, напилювання), виходячи із норм витрат, та витрат за одиницю енергоносіїв.

Таблиця 7.10 - Фонд оплати праці

Категорії персоналу	Чисельність персоналу, осіб	Фонд заробітної плати, грн			Премії з прибутку, грн	Середня заробітна плата на місяць, грн	Фонд оплати праці, грн	Відрахування в єдиний соціальний внесок, грн (22 %)
		Основна заробітна плата на 1 особу/рік	Додаткова заробітна плата	Усього				
Основні виробничі робітники	4	337758	-	337758	-	7036	337758	74307
Допоміжні робітники	11	1044274	-	1044274	-	7911	1044274	229740
Керівники	1	100000	-	100000	-	8333	100000	22000
Спеціалісти	2	220000	-	220000	-	9165	220000	48400
Усього	18	-	-	1702032	-	-	1702032	374447

7.2.4.2 Непрямі витрати

Узагальнено, кошторис витрат на утримання та експлуатацію обладнання на промислових підприємствах, з урахуванням специфіки галузі, складає біля 350 % від фонду заробітної плати основних робітників .

Встановлюю кошторис витрат на утримання та експлуатацію обладнання на рівні 350 % від фонду заробітної плати основних робітників, що складе:

$$ВУ_{\text{обл}} = ЗП_{\text{осн}} \cdot 350 / 100 = 1182153 \text{ грн}, \quad (7.20)$$

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання розподіляють на собівартість одиниці продукції пропорційно основній заробітній платі виробничих робітників.

Розраховується процент витрат на утримання та експлуатацію обладнання за формулою [18]:

$$L = \frac{\sum ВУО}{ЗПо} \cdot 100 \% = 240 \% , \quad (7.21)$$

де ВУО – сума витрат на утримання обладнання (табл. 7.12);

ЗПо – фонд заробітної плати основних та допоміжних робітників (табл. 7.11);

$$ЗПо = 337758 + 1044274 = 1382032 \text{ грн.}$$

Розмір витрат на утримання та експлуатацію обладнання, що припадає на одиницю виробу розраховується за формулою, [18]:

$$ВУ_i = \frac{L}{100} \cdot З_{oi} = \frac{240}{100} \cdot 597 = 1433 \text{ грн.} \quad (7.22)$$

де Z_{oi} – основна заробітна плата на одиницю продукції, грн

Стаття «Загальновиробничі витрати» - це витрати на управління в межах цеху.

Стаття є комплексна і охоплює такі витрати [18]:

а) Утримання цехового персоналу – річний фонд заробітної плати спеціалістів та керівників та відрахування на соціальні заходи (табл. 7.5).

б) Утримання помешкань та інвентарю:

- вартість освітлювальної електричної енергії розраховується за формулою [18]:

$$E_{os} = \frac{C \cdot q \cdot S \cdot F_{os}}{1000} = \frac{2,1 \cdot 20 \cdot 1728 \cdot 1000}{1000} = 75576 \text{ грн.} \quad (7.23)$$

де q – норма використання електричної енергії за 1 годину на 1 м^2 площі;

($q = 20 \text{ Вт}$);

S - площа ділянки, м^2 ;

F_{os} – тривалість освітлення на рік, год; ($F_{os} = 1000$ год, при однозмінній роботі ділянки);

- вартість води на побутові нужди, пар для опалення, допоміжні матеріали, можна розрахувати укрупнено.

в) Поточний ремонт помешкань та інвентарю розраховується у розмірі 2 % їх балансової вартості.

г) Амортизаційні відрахування будівель і споруд (табл. 7.8).

д) Витрати на проведення дослідів, дослідження, раціоналізацію та винахідництво приймаються здебільшого 100 грн на рік на одного працівника.

е) Витрати на охорону праці плануються на рік 150 - 200 грн на одного робітника.

є) Інші витрати складають 3 % від суми витрат по попереднім статтям.

Таблиця 7.11 – Кошторис загальновиробничих витрат

Найменування статей витрат	Сума, грн
1. Утримання цехового персоналу	352000
2. Утримання помешкань і інвентарю.	80000
3. Поточний ремонт помешкань та інвентарю	18000
4. Амортизаційні відрахування будівель та інвентарю	47520
5. Витрати на проведення дослідів, досліджень, раціоналізацію та винахідництво.	1800
6. Витрати на охорону праці	3600
7. Інші витрати	15090
Усього	518010

Загальновиробничі витрати розподіляють на собівартість одиниці продукції пропорційно основній заробітній платі виробничих витрат робітників [18].

Розраховується процент загальновиробничих витрат за формулою:

$$\beta = \frac{\sum \text{ЗВВ}}{\text{ЗПо}} \cdot 100 \% = \frac{518010}{1382032} \cdot 100 = 37 \%, \quad (7.24)$$

де $\sum \text{ЗВВ}$ – загальновиробничі витрати, грн

Загальновиробничі витрати, які відносяться на собівартість одиниці продукції (ЗВВі) розраховуються за формулою:

$$\text{ЗВВі} = \frac{\beta}{100} \cdot \text{Зоі} = \frac{37}{100} \cdot 597 = 221 \text{ грн.} \quad (7.25)$$

Загальногосподарчі або адміністративні витрати – це витрати на управління, виробниче та господарське обслуговування на рівні підприємства як єдиної системи.

Сума загальногосподарських або адміністративних витрат визначається прямим розрахунком або укрупнено відповідним відсотком до основної заробітної плати виробничих робітників (150 - 200 %).

Витрати на збут вміщують витрати пов'язані з утриманням складів готової продукції, витрати на упаковку, транспортування готової продукції і інші (2 % виробничої вартості).

Собівартість одиниці продукції розраховується на основі складання калькуляції собівартості продукції (табл. 7.12).

Таблиця 7.12 – Калькуляція собівартості продукції

Статті витрат	Витрати	
	Всього витрат, грн	На один., грн
1. Основні та допоміжні матеріали	381815506	164931
2. Купівельні комплектуючі та напівфабрикати	73500	31,75
3. Основна заробітна плата основних робітників	337758	72,95
4. Додаткова заробітна плата основних робітників	67552	29,2
5. Відрахування в єдиний соціальний внесок	81062	35
6. Утримання та експлуатація машин і обладнання	1182153	510,6
7. Загальновиробничі витрати	518010	224
8. Собівартість виробнича	384075541	165907
9. Адміністративні витрати	506637	219
10. Витрати на збут та склади	7728827	3339
11. Собівартість повна	392311005	169465

7.3 Економічне обґрунтування запропонованих розробок

В даному розділі розглянутий річний економічний ефект, який можливо отримати при виробництві виробів на спеціалізованій дільниці (або потоково-механізованій лінії) по запропонованому технологічному процесу в порівнянні з виробництвом цих же виробів на діючому підприємстві. Крім цього необхідно оцінити ефективність і результативність діяльності виробничої дільниці або

потокової лінії; розрахувати беззбитковість виробництва, побудувати графік беззбитковості.

7.3.1 Економічний ефект

Порівняльна економічна ефективність полягає у визначенні найбільш економічного варіанта рішення господарської задачі. Показниками порівняльної економічної ефективності є: сума зведених витрат, сума ефекту за розрахунковий рік.

Показник зведених витрат ($З_1$) за альтернативною технологією становить [18]:

$$З_1 = C_i + E_n \cdot K_i = 392311005 + 0,15 \cdot 2501440 = 392686221 \text{ грн}, \quad (7.26)$$

де C_i - поточні витрати (повна собівартість) за i -тим проектом (варіантом), грн;

E_n - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень;

K_i - капітальні вкладення за i -тим проектом (варіантом), грн

Економічний ефект за розрахунковий рік (E) [18]:

$$E = З_1 - З_2, \text{ грн}. \quad (7.27)$$

Аналогічний показник за базовою технологією встановлюється шляхом застосування спеціального коефіцієнту трудомісткості основної зварювальної операції у порівнянні з контактним стиковим зварюванням в умовах цеху.

Отже, найближчим за швидкістю процесу зварювання у порівнянні з контактним стиковим є алюмотермітне зварювання.

При алюмотермітному зварюванні на виконання одного зварного стику

залізничної рейки типу Р65 необхідно біля 15 хв, в той час як за альтернативною технологією – 4,63 хв.

Але тут також важливо врахувати й зменшення витрат на електроенергію, котру споживають контактні машини зварювання ввівши додатковий поправочний коефіцієнт $K_{\text{ен}}$ ($K_{\text{ен}} = 2$)

Звідси коефіцієнт трудомісткості $K_{\text{тр}}$ алюмотермітного зварювання у порівнянні з контактним зтиковим зварюванням становитиме:

$$K_{\text{тр}} = \frac{15}{4,63 \cdot 2} = 1,6. \quad (7.28)$$

Збільшена трудомісткість означає й збільшення затрат на оплату праці основних та допоміжних робітників та інші витрати, а зведені затрати становитимуть:

$$З_2 = З_1 \cdot 1,6 = 392686221 \cdot 1,6 = 628297954 \text{ грн.}$$

Економічний ефект за розрахунковий рік (Е):

$$Е = 628297954 - 392686221 = 235611734 \text{ грн.}$$

7.3.2 Оцінка ефективності та результативності діяльності

Оцінку ефективності та результативності діяльності можна здійснити по показникам:

а) Річний випуск виробів:

- В натуральному вимірі, одиниць, (табл. 7.2);
- По трудомісткості, нормо - годин (табл. 7.2);
- В грошовому виміру, грн (табл. 7.3);

- б) Виробнича площа ділянки, лінії, м² (табл. 7.4);
- в) Вартість основних засобів, грн (табл. 7.8);
- г) Спискова чисельність персоналу усього, осіб (табл. 7.5) в тому числі:
- основні робітники;
 - допоміжні робітники;
 - керівники і спеціалісти;
- д) Фонд оплати праці, грн (табл. 7.10);
- е) Середня заробітна плата на місяць, грн (табл. 7.10);
- є) Продуктивність праці одного працівника, грн/осіб [19]:

$$\text{ПП} = \frac{C_{\text{п}}}{R} = \frac{392311005}{18} = 21795056 \text{ грн/осіб}, \quad (7.29)$$

де $C_{\text{п}}$ – повна собівартість виробів за рік, грн;

R - чисельність персоналу, осіб;

ж) Фондовіддача:

$$F = \frac{C_{\text{п}}}{\Phi_{\text{осн}}} = \frac{392311005}{2501440} = 156,8 \frac{\text{грн}}{\text{грн}}. \quad (7.30)$$

де $\Phi_{\text{осн}}$ - основний капітал, грн

з) Коефіцієнт завантаження обладнання (табл. 7.3)

и) Фондомісткість:

$$F^I = \frac{\Phi_{\text{осн}}}{C_{\text{п}}} = \frac{2501440}{392311005} = 0,01 \text{ грн/грн}. \quad (7.31)$$

і) Собівартість одиниці продукції, грн;

й) Економічний ефект за розрахунковий рік, грн.

Таблиця 7.13 – Показники ефективності та результативності

Найменування показника	Значення показника
А) Річний випуск виробів	
- в натуральному виміру, одиниць	2315
- по трудомісткості нормо/годин	5938
- в грошовому виміру, грн	392311005
Б) Виробнича площа дільниці, м ²	1728
В) Вартість основних засобів, грн	2501440
Г) Спискова чисельність персоналу усього, осіб	18
- основні робітники	4
- допоміжні робітники	11
- керівники, спеціалісти	3
Д) Фонд оплати праці, грн	1702032
Е) Середня заробітна плата на місяць, грн	8110
Є) Продуктивність праці одного працівника, грн/осіб	21795055
Ж) Фондовіддача	156,8
З) Коефіцієнт завантаження обладнання	0,85
И) Фондомісткість	0,01
І) Собівартість одиниці продукції, грн	169465
Й) Економічний ефект за розрахунковий рік, грн	235611734

Проаналізувавши отримані показники можливо зробити висновок що трудомісткість виготовлення залізничних рейкових плітей за альтернативною складально-зварювальною технологією є нижчою за аналогічну трудомісткість за базовою технологією, котра не передбачає укрупнення й окремого зварного цеху для цього. Це, в свою чергу, робить альтернативну технологію більш ефективнішою та скорочує затрати на оплату праці робітників.

Собівартість одиниці продукції за альтернативною технологією нижча чим аналогічна собівартість за базовою технологією.

Механізація виробничого процесу також збільшена за рахунок втілення контактного зтикового зварювання, що є найшвидшим з усіх відомих методів

зварювання рейок.

І саме головне - за альтернативною зварювальною технологією можливо виготовляти рейкові пліті, що здатні витримувати швидкісний зхалізничний рух (до 160 км включно)

Досить ефективною є показник фондovіддачі, котрий вважається вже позитивним коли на 1 грн вартості основних засобів забезпечується випуск продукції більше 1 грн (в моєму випадку 156,8 грн).

Чистий прибуток складе:

$$\text{ПР} = \text{TR} - \text{ТС} = 4538788900 - 392311005 = 616477895 \text{ грн}, \quad (7.32)$$

де TR – повна вартість виробів (програми), грн;

ТС – собівартість виробу, грн.

Щодо економічної складової, то навіть при попередніх розрахунках стає очевидно, що коштів вивільнених від проведення монтажного зварювання в умовах шляху з розташуванням зтиків через кожні 12,5 м на ділянці у 500 км достатньо для придбання стаціонарних машин контактного зварювання рейок, а також значні кошти, що вивільняються від оплати довготривалої праці робітників монтажної організації будуть зекономлені залізною дорогою України. Також слід зазначити, що попередній пункт економії коштів не є одним, поряд з ним ще відбувається економія зварювального матеріалу через відсутність недопалків, втрат флюсу та втрат зварювального матеріалу на повторне зварювання для виправлення дефектів зварних швів, що є неминуче при ручному дуговому зварюванні. пришвидшення ведення такого виду робіт, внаслідок передбачення укрупненого збирання рейок у пліті довжиною по 125 м в умовах зварювального цеху. Цехове укрупнення в свою чергу значно скорочує витрати на монтажне зварювання в умовах шляху, сприяє значному покращенню якості зварних швів через впровадження вставки в зоні зварного шву, створює більш сприятливі санітарно-гігієнічні умови праці через виключення впливу шкідливих газів на організм зварювальників у випадку зварювання електродами, або з допомогою

алюмотермітного зварювання, виключає потребу у попередньому підігріву зони зварного шва внаслідок застосування аустенітної низьковуглецевої вставки.

Застосування спеціального пересувного мобільного комплексу КСМ007 в умовах мотажу рейкових плітей дозволить значно скоротити витрати на транспортування такого устаткування в зону монтажу, дозволить полегшити умови монтажного зварювання навісними головками.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надані основні заходи з охорони праці [21] при дослідженні технології зварювання методом контактного стикового зварювання оплавленням рейкових плітей типу Р65 при укрупненому їх збиранні в умовах зварювального цеху (ГКІЮ 012817.011).

8.1 Аналіз потенційних небезпек

А) Незадовільна організація робочого місця дослідника в дослідній лабораторії, котра може бути пов'язана з нераціональним розташуванням технологічного обладнання що ускладнює реалізацію технологічного ланцюга та може спричинити травмування робітників.

Б) Можливість ураження електричним струмом. Головними причинами можуть бути порушення правил з електробезпеки, допуск до роботи осіб які не пройшли навчання та перевірку знань з електробезпеки та незадовільний технічний стан електрообладнання, що може призвести до електричних травм або летального наслідку.

В) Можливість отримання механічних травм при випробуваннях зразків у розривних машинах. Причинами можуть бути порушення правил з охорони праці, зокрема з-за невикористання індивідуальних засобів захисту.

Г) Можливість отруєння шкідливими випаровуваннями при проведенні дослідного наплавлення в умовах дослідної лабораторії.

Д) Можливість отримання термічних опіків внаслідок непередбачуваного торкання нагрітих поверхонь.

Е) Небезпеки, які пов'язані з використанням персональних комп'ютерів та іншої оргтехніки при обробці результатів досліджень, що може призвести до

травм з тяжкими наслідками, та потребує виконання особливих умов з охорони праці.

Є) Незадовільне освітлення виробничих приміщень внаслідок виходу з ладу освітлювальних приладів, що може призвести до зниження працездатності.

Ж) Незадовільні параметри повітряного середовища внаслідок неефективної роботи систем кондиціонування, що може призвести до погіршення самопочуття, та загальних захворювань.

З) Можливість загорань внаслідок порушення правил з пожежної безпеки, що може призвести до пожеж.

І) Небезпеки, які пов'язані з умовами праці у надзвичайних ситуаціях, зокрема при недоліках в організації цивільного захисту на промисловому об'єкті, що може призвести до травмувань та летальних випадків.

8.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

а) Робоче місце інженера-дослідника може бути організоване в умовах спеціальної дослідної лабораторії, або місці робіт.

Робоче місце дослідника складається з комп'ютерного столу з розмірами робочої поверхні не менше як 1400 мм х 900 мм, з додатковими зручними шухлядами, та поличками. Системний блок з комплектом кабелів рекомендовано встановлювати на спеціальні місця (полички) в столі, ні в якому разі не на підлогу.

Стілець для сидіння рекомендовано використовувати м'який, поворотний, з відкидною спинкою, котрий можливо регулювати у відповідності з потребами дослідника, зважаючи на його фізичні дані.

Рекомендована площа приміщення де працює інженер-дослідник повинна бути не менше 6 м², об'єм вказаного приміщення – не менше 20 м³.

б) Для виключення випадків ураження електричним струмом передбачено

що електрообладнання виробничих машин в лабораторії, а також електричне обладнання загального призначення повинно відповідати вимогам НПАОН 40.1-1.21-98 «Правила безопасной эксплуатации электроустановок потребителей», ДСН 3.3.6.096-2002 «Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів» і ін. діючим нормативним актам.

Експлуатацію і ремонт електроустановок повинен здійснювати спеціально підготовлений персонал (вимоги до цього персоналу повинні відповідати НПАОН 40.1-1.21-98 «Правила безопасной эксплуатации электроустановок потребителей».

Для кожної електроустановки повинні бути складені експлуатаційні схеми нормальної і аварійної роботи. В електричних схемах повинні бути передбачені захисні електроприймачі від перевантажень і коротких замикань.

Електрообладнання необхідно заземлювати у відповідності з ПУЕ-2009.

Всі не ізолювані токопровідні елементи електрообладнання повинні бути надійно огорожені суцільними огороженнями, зняття або відкриття можливе тільки за допомогою спеціальних пристроїв. Друге рішення-розташування на недоступній висоті (більше 2 м). Умови роботи на ділянці виконання зварювальних і наплавочних робіт характеризуються підвищеною запиленістю через генерацію аерозолів при роботі зварювального обладнання або плазмотрона. В цих умовах електрообладнання слід застосовувати у пиленепроникному виконанні.

При роботах, що пов'язані з можливістю ураження електричним струмом, необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту в відповідності з НПАОН 40.1-1.21-98 «Правила безопасной эксплуатации электроустановок потребителей», НПАОН 40.1-1.01.97 «Правила безопасной эксплуатации электроустановок». Наприклад, діелектричні килимки, та ін.

Проводка до трансформаторів може бути як тимчасовою так і постійною, але на всьому своєму протязі повинна підвищуватись на висоті, що забезпечує недосяжність (> 2 м). Спуск проводів виконується по колонам, щоб виключити механічне пошкодження.

Використовують шланговий провід. Прокладання проводів по землі не

допускається. Небезпечне напруження > 65 В. Заборонена подача напруги через металеві листи, рейки і т.д.

Зварювальні проводи повинні бути гнучкими, з легкою і міцною ізоляцією. Довжина провода від електротримача не повинна перевищувати 2-3 м. Підвідний привід довжиною більше 30 м використовувати не рекомендується. З'єднувати гнучкий привід електротримача необхідно за допомогою мідних кабельних наконечників, з'єднаних болтами і шайбами.

Головна вимога електробезпеки у відношенні джерел струму полягає в тому, що при перервах в зварюванні зварювальний ланцюг під повним вторинним напруженням відносно землі. Тому робота в мокрій брудній одязі не допустимо, необхідне заземлення джерел. У відношенні контактних проводів, неодмінною умовою є надійна ізоляція, ізоляція скруток, розташування в недосяжності сторонніх осіб (висота підвісу > 2 м), недопустимість утворення ланцюга за допомогою цехових металоконструкцій.

Ввімкнення джерел живлення зварювального поста здійснюється тільки через рубильник.

в) Для попередження випадків механічного травмування під час проведення контрольного зварювання та наплавлення, а також при випробуванні зразків на розрив, передбачений комплекс заходів за яким інженери-дослідники повинні забезпечуватись захисним спецодягом та індивідуальними захисними засобами згідно ГОСТ 12.4.103-83 «Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация».

Брезентові захисні костюми - ГОСТ 12.4.221-2002 «ССБТ. Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты. Общие технические требования».

Щитки захисні - ГОСТ 12.4.03 - 78 «ССБТ. Щитки защитные лицевые для электросварщиков. Технические условия», ГОСТ 12.4.010 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия».

Спеціальне взуття (ботинки, напівсапоги) із захисними носками згідно ДСТУ 10998-74 «ССБП. Взуття спеціальне шкіряне для захисту від механічних

пошкоджень». Взуття зварювальника повинно бути з глухим воротом.

г) Для виключення можливості отруєння шкідливими газами при проведенні дослідного наплавлення та зварювання в умовах науково-дослідної лабораторії доцільно використовувати засоби кондиціювання повітря у відповідності з вимогами ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми параметрів мікроклімату», ГОСТ 2.2.137-96 «Оборудование для кондиционирования воздуха и вентиляции. Общие требования безопасности», ГОСТ 30646-99 «Кондиционеры центральные общего назначения. Общие технические условия».

г) Для виключення можливості отруєння шкідливими газами при проведенні дослідного наплавлення та зварювання в умовах науково-дослідної лабораторії доцільно використовувати засоби місцевої витяжної вентиляції. Порядок улаштування та роботи місцевих засобів вентиляції у відповідності з ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми параметрів мікроклімату», ГОСТ 12.4.021-75 «Системы вентиляции. Общие требования».

д) Для попередження можливих термічних опіків слід унеможливити можливість торкання нагрітих зразків шляхом їх утриманням при переміщенні спеціальними захватами, користуванням спеціальними захисними рукавицями та ін. Горячі зразки не лишати на верстаках та зварювальних столах поза спеціальних контейнерів.

е) Для попередження небезпек, які пов'язані з використанням персональних комп'ютерів та іншої офісної техніки потрібно слідкувати за їх належним станом, не знімати бокових захисних кришок, що відкривають доступ до дротів живлення, не перевантажувати розетки підключенням великої кількості обладнання на одну точку, не проливати напої чи воду на деталі та елементи обладнання, користуватися розетками лише з додатковою жилою захисного заземлення, не ремонтувати власноруч техніку без наявності відповідного допуску та знань та ін.

8.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

є) Для виключення можливості травмування внаслідок недостатнього освітлення в лабораторії через вихід з ладу певної частини освітлювальних приладів, слід вживати заходів з якнайшвидшої заміни непрацюючих освітлювальних ламп. Проводити заміну освітлювальних ламп слід при вимикненому вимикачі та з дотриманням вимог НПАОН 40.1-1.21-98 «Правила безопасной эксплуатации электроустановок потребителей», ДБН В.2.5-27-2006 «Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд», ДНАОП 1.1.10-1.01-2000. Правила безпечної експлуатації електроустановок. При використанні засобів доступу дотримуватися вимог загальних правил безпеки при проведенні робіт на висоті у відповідності з НПАОП 0.00-1.15-07 «Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті».

ж) Для нормалізації параметрів повітряного середовища дослідної лабораторії в проекті передбачений розрахунок та підбір засобів кондиціонування адміністративних приміщень.

Надходження теплоти через заповнення світлових прорізів

Розрахунок кількості теплоти, яка надходить за рахунок сонячної радіації та внаслідок теплопередачі при різниці температур зовнішнього та внутрішнього повітря:

$$Q_{c.pr} = (g_0 \cdot F_n + g_1 \cdot F_p) \cdot K_{в\ddot{u}дн}, \text{ ккал/год}, \quad (8.1)$$

де g_0 та g_1 – кількість теплоти, яка надходить до приміщення через світлові прорізи, які опромінюються та неопромінюються прямою сонячною радіацією відповідно; значення g_0 та g_1 визначають за формулами (9.2) (9.3), ккал/(год·м²);

F_n та F_p – площа заповнення світлового прорізу, яка опромінюється прямою та розсіяною сонячною радіацією відповідно, м²;

$F_n = 18 \text{ м}^2$, $F_p = 6 \text{ м}^2$ (фактичні дані науково-дослідної лабораторії);

$K_{\text{відн}}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу.

При одинарному склінні $K_{\text{відн}} = 0,9 \dots 1,0$; при подвійному $K_{\text{відн}} = 0,8 \dots 0,9$.

Для світлового прорізу, який частково або повністю опромінюється прямою сонячною радіацією, кількість теплоти розраховується за формулою:

$$g_0 = (g_{\text{в.п.}} + g_{\text{в.р.}}) \cdot K_1 \cdot K_2 = (257 + 75) \cdot 0,75 \cdot 0,95 = 236,55 \text{ ккал/}(\text{год} \cdot \text{м}^2), \quad (8.2)$$

де $g_{\text{в.п.}}$, $g_{\text{в.р.}}$ – кількість теплоти прямої та розсіяної сонячної радіації, ккал/ (год·м²); $g_{\text{в.п.}} = 257$ ккал/ (год·м²), $g_{\text{в.р.}} = 75$ ккал/ (год · м²) – фактичні показники для світлових прорізів орієнтованих на південь;

K_1 – коефіцієнт, який враховує затінення оскелення світлових прорізів перепахотами та забруднення атмосфери; $K_1 = 0,75$;

K_2 – коефіцієнт, який враховує забруднення скла; $K_2 = 0,95$

Для світлового прорізу, який знаходиться в тіні або при затіненні світлового прорізу зовнішніми сонцезахисними конструкціями (відкосами пройому) кількість теплоти розраховується за формулою:

$$g_1 = g_{\text{в.р.}} \cdot K_1 \cdot K_2 = 75 \cdot 0,75 \cdot 0,95 = 53,5 \text{ ккал/}(\text{год} \cdot \text{м}^2). \quad (8.3)$$

Звідси:

$$Q_{\text{с.пр}} = (236,55 \cdot 18 + 53,5 \cdot 6) \cdot 0,9 = 4121 \text{ ккал/год.}$$

Виділення тепла від штучного освітлення

Виділення теплоти від освітлення, ккал/год:

$$Q_{\text{осв}} = 860 \cdot n \cdot N_{\text{осв}}, \quad (8.4)$$

де n – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову; для люмінісцентних ламп $n = 0,5$;

$N_{\text{осв}}$ – сумарна потужність джерел освітлення; $N_{\text{осв}} = 0,8$ кВт (фактичні дані).

$$Q_{\text{осв}} = 860 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 344 \text{ ккал/год.}$$

Виділення теплоти людьми

Виділення теплоти та вологи людьми залежить від кількості енергії, яку вони витрачають при роботі, та температури повітря в приміщенні.

Отже, в приміщенні науково-дослідної лабораторії одночасно може знаходитися не більше 15 чоловіків, звідси:

$$Q_{\text{л}} = Q_{\text{л1}} \cdot n = 85 \cdot 15 = 1275 \text{ ккал/год,} \quad (8.5)$$

де $Q_{\text{л1}}$ – кількість теплоти, що виділяє один дорослий чоловік, ккал/год

$Q_{\text{л1}} = 85$ ккал/год (при температурі в приміщенні $+ 20^{\circ}\text{C}$);

n – кількість чоловіків, що одночасно можуть перебувати у лабораторії;

$n = 15$ чол.

Розрахунок загальної кількості теплоти в приміщенні

Загальна кількість теплоти в розрахункову годину, яку необхідно відвести за допомогою кондиціонування, визначається сумою теплоти джерел теплонадходження і визначається за формулою:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{с.пр.}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{л}} = 4121 + 344 + 1275 = 5740 \text{ ккал/год.} \quad (8.6)$$

Вибір кондиціонера та розрахунок часу охолодження приміщення шляхом кондиціонування.

Рекомендований діапазон потужності кондиціонера має максимально наближатися до розрахункового значення загальних теплонадходжень в

приміщення (за можливості прагнуть до виконання співвідношення $Q_{\text{конд}} = (-5 \dots + 15 \% Q_{\text{заг}})$).

Для приміщення науково-дослідної лабораторії загальною площею 80 м^2 обираю два кондиціонери марки MITSUBISHI ELECTRIC MSZ-GE35VA з загальною їх холодопродуктивністю $Q_{\text{хол. п.}} = 6020 \text{ ккал/год.}$

Відповідно у процентному співвідношенні до $Q_{\text{заг}}$ це становитиме $+ 5 \% Q_{\text{заг}}$, що цілком задовольняє вимоги.

Розрахунок часу, необхідного для охолодження приміщення до заданої температури, здійснюється за наступною залежністю:

$$\tau = \frac{C \cdot \gamma \cdot V(t_{\text{вид}} - t_{\text{норм}})}{1,163 \cdot Q_{\text{конд}}} = \frac{1000 \cdot 1,2 \cdot 400 \cdot (27 - 22)}{1,163 \cdot 3600 \cdot 6020} = 0,095 \text{ год,} \quad (8.7)$$

де C – масова теплоємність приливної повітря (дорівнює $1000 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$);

γ – густина приливної повітря (дорівнює $1,2 \text{ кг/м}^3$);

V – об'єм приміщення, м^3 ;

$t_{\text{вид}}$ – температура повітря, що видаляється з приміщення, $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{норм}}$ – нормована (оптимальна температура в приміщенні, яку необхідно досягти шляхом кондиціонування (приймається рівною $+ 22 \text{ }^\circ\text{C}$)).

8.4 Заходи з пожежної безпеки

з) Для попередження пожежі в дослідній лабораторії передбачена наявність первинних засобів пожежогасіння згідно зі СНиП 2.01.02-85 «Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений». Вибір цих засобів залежить від класу пожежі та категорії виробничих приміщень. При класі пожежі В та категорії приміщення Г використовують порошкові вогнегасники, а при пожежі класу Е (горіння електроустаткування) використовують тільки вуглекислотні

вогнегасники. З метою попередження пожеж необхідно провести спеціальне навчання та інструктажі персоналу. Вимоги до стану пожежної безпеки на підприємстві та до засобів пожежогасіння згідно з НАПБ В.01.034-2005/111 «Правила пожарной безопасности в компаниях, на предприятиях и в организациях энергетической отрасли Украины» та ГОСТ 12.4.009-83 «ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание», ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования та ін.

8.5 Заходи забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях

і) Забезпечення безпеки персоналу досягається підвищенням стійкості промислового об'єкту в умовах НС; організацію рятувальних та відновлювальних робіт на промисловому об'єкті, наявністю технічних ресурсів для більш швидкої евакуації персоналу із зони ураження. Також слід проводити з персоналом відповідні навчання та інструктажі. Попередження надзвичайних ситуацій засноване на заходах, спрямованих на встановлення та виключення причин виникнення цих ситуацій, а також на зниження втрат та збитків в разі їх виникнення. Зниженню ризиків виникнення надзвичайних ситуацій слугує раціональне розміщення об'єктів економіки таким чином, щоб вони не потрапляли в зони високої природної та техногенної небезпеки.

Основні вимоги для попередження, ліквідації наслідків та захисту населення під час надзвичайної ситуації згідно з вимогами ГОСТ Р.22.3.03-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита населения».

ВИСНОВОК

В даному дипломному проекті досліджена технологія контактного стикового зварювання оплавленням залізничних рейок типу Р65 зі сталі М76 через проміжну аустенітну вставку зі сталі AISI 316L.

Встановлені режими контактного стикового зварювання оплавленням при виготовленні рейкової пліти з десяти рейок довжиною по 12,5 м кожна в умовах зварювальної ділянки, а також для умов монтажного зварювання в умовах шляху.

Проведене дослідження мікроструктури зварних швів при зварюванні рейок Р65 через проміжну вставку довжиною 50 мм зі сталі AISI 316L показує отримання більш сприятливої до високих ударних і циклічних навантажень структури через значне зменшення карбідних включень, сульфідних включень, а також мартенситних структур в зоні зварних швів та біляшовних зон.

Наявність в сталі AISI 316L в якості стабілізуючого елементу молібдену (Mo) дозволяє сприяти додатково і частковій аустенізації металу зварного шва, через властивість вказаного легованого елементу, що значно покращує умови роботи конструкції.

Застосування в операціях з монтажного зварювання залізничних плітей в умовах монтажу мобільного пересувного комплексу КСМ007 дозволить значно здешевити та пришвидшити зварювальні операції внаслідок можливості руху комплексу до місця роботи автомобільними шляхами своїм ходом.

Також, в дипломному проекті досліджена технологія відновлювального наплавлення рейок типу Р65 зі сталі М76 в умовах шляху і запропонована низка технічних рішень, котрі здатні підвищити зносостійкість наплавленого металу в умовах збільшення динамічних навантажень на колію.

Вказані позитивні особливості ремонтного наплавлення вдалося досягти внаслідок проведення додаткового легування наплавленого металу кобальтом (Co) в кількості 9 % від основної маси наплавленого металу.

Вказаний легуючий елемент сприяв підвищенню зносостійкості

наплавленого металу в умовах, за яких працює конструкція.

Для можливості укрупненого збирання залізничних рейок у пліті, дипломним проєктом передбачений проєкт зварювальної ділянки, та розрахована чисельність персоналу.

Проведені економічні розрахунки встановлюють прибутковість ділянки з показником прибутку $ПР = 616477895$ грн.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДБН В.2.3-19-2008. Споруди транспорту. Залізничні колії 1520 мм. Норми проектування.
2. Анализ параметров являющихся определяющими для сохранения технической и эксплуатационной совместимости железнодорожной системы колеи 1520 мм на границе СНГ-ЕС. Инфраструктура. Путь и путевое хозяйство. Документ разработан Контактной Группой ОСЖД-ЕЖДА, январь 2009.
3. Правила технической эксплуатации железных дорог Украины (приказ МТУ №4411 от 20.12.1996 г с изменениями согласно приказа МТУ №179 от 19.03.2002).
4. ЦЛ-0138 – Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України (затверджена наказом Укрзалізниці від 22.12.2005 № 427-Ц).
5. Кучук-Яценко, С.И. Швец, Ю.В. Думчев, Е.А. Швец, В.И. Тараненко, С.Д., Никитина, Н.Н. Особенности формирования структуры соединений рельсовой стали М76 со сталью 110Г13Л, выполненных контактной стыковой сваркой оплавлением// Автоматическая сварка. – 2015. – №1. – С. 3 – 9.
6. Железные дороги мира [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.eav.ru/publ1.php?publid=2003-09a09>.
7. Зубченко, А.С. Марочник сталей и сплавов/ под общ. ред. А.С. Зубченко, 2-е издание доп. и испр., М.:, Машиностроение, 2003, 784 с.
8. Железные дороги. Общий курс: Учебник для вузов/ М.М. Филипов, М.М. Уздин, Ю.И. Ефименко и др.; Под ред. М.М. Уздина. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1991.-295 с.
9. Басилова, В.В. Чернышева, М.А. Справочник инженера-путейца/ В.В. Басилова, М.А. Чернышева.-Москва: Транспорт, 1972.-2 т. – 767 с.
10. Акулов, А.И. Бельчук, Г.А. Демянцев, В.П. Технология и оборудование

сварки плавлением. Учебник для вузов. М., «Машиностроение», 1977. 432 с. с ил.

11. Кабанов, Н.С. Слепак, Э.Ш. Технология стыковой контактной сварки/ под ред. Н.С. Кабанов, Э.Ш. Слепак. М: Машиностроение, 1970, 251 с.
12. Недостатки технологии ручной дуговой наплавки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studopedia.ru> > 15_15198_nedostatki-tehnologii-ruchnoy-dugovoi-naplavki-tlktrodami.html.
13. Хунгер, Г.И. Избранные методы исследования в металловедении / Г.И. Хунгер, М.: Металлургия, 1985, 416 с.
14. Гуляев, А.П. Металловедение / под ред. А.П. Гуляева, 1986, 272 с.
15. Кобальт. Нанесение износостойких покрытий с применением кобальта [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.metotech.ru/art_kobalt_1.htm.
16. Гузенков, П.Г. Детали машин, М.: Машиностроение, 1986, 359 с.
17. Красовский, А.И. Основы проектирования сварочных цехов / под ред. А.И. Красовского, М.: «Машиностроение», 1980 - 319 с.
18. Грачева, К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства / под. ред. К.А. Грачева, - М: «Машиностроение», 1984-368 с.
19. ЕНиР. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сборник Е22 «Сварочные работы», выпуск 1, М.: Прейскурантиздат, 1987 - 56 с.
20. Прайс «Механічне металообробувальне обладнання», Київський верстатобудувальний завод, 2017 – 55 с.
21. Жидецький, В.Ц. Основи охорони праці: підручн./ В.Ц. Жидецький. – 3-тє вид., перероб. і доп. – Львів: Укр. Акад. друкарства, 2006 - 336 с.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Разраб.	Криворучко	<i>Криворучко</i>	18.12.17
Провер.	Овчинников	<i>Овчинников</i>	18.12.17
Н. контр.	Нетребко	<i>Нетребко</i>	18.12.17
		Листов 3	Лист 1

	ГКЮ 012817.000		
		ДП	

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ЗАПОРОЖСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ

УТВЕРЖДАЮ

на технологічний процес контактного стикового зварювання
оплавленням залізничних рейок типу Р65

Нормоконтроль доц. В.В. Нетребко

Зав. кафедрой ОТСП, проф. О.В. Овчинников

Дата

Дата 18.12.2017

Внедрен в производство

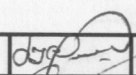
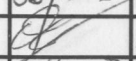
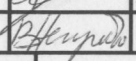
Акт № _____ Дата _____.

Комплект документов

соответствует

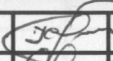
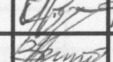
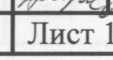
ТД

ДОДАТОК Б

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
											Листов 3		Лист 2		
Разраб.			Криворучко		10.12.17						ГКІЮ 012817.000				
Пров.			Овчинников		10.12.17										
Н. контр.			Нетребко		18.12.17										
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.		Код. наименование операции					Обозначение документа				
B	Код. наименование оборудования					C	Проф.	P	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
						M									
M	Наименование детали сб. единицы или материала					Обозначение, код					ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх
A 01	005 Підготовка														
B 02	Заготівельний майданчик					Слюсар 6 2									3,6
M 03	Рейка типу Р65 ГОСТ 81675														
M 04	Вставка зі сталі AISI 316L														
05	Кутова шліфувальна машинка GA 9020SF Makita														
A 06	010 Зварювання					Зварювальник 6 2									17,1
B 07	Машина контактного стикового зварювання оплавленням К-1000														
M 08	Рейка типу Р65 ГОСТ 81675														
O 09	Зварити контактним зварюванням оплавленням дві заготовки рейок через проміжну вставку із подальшим зняттям ґрату														
P 10	t = 220 c; I = 8480 A; U = 380-400 B; L осад = 12 -15 мм														
T 11	Маска зварювальника ГОСТ Р 12.4.238 - 2007; захисні рукавиці ГОСТ 12.4.010-75														
12															
A 13	015 Контрольна					Дефектоскопіст 6									
B 14	Стіл приймальний														0,017
M 15	Рейкова пліть типу Р65 ГОСТ 81675														
O 16	Візуальний огляд на наявність поверхневих дефектів. Об'єм контролю – 100 % зварних швів														
T 17	Луца, ГОСТ 25706-83														
18															
19															

ДОДАТОК Б

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Разраб.	Криворучко		10.12.17
Провер.	Овчинников		10.12.17
Н. контр.	Нетребко		10.12.17
Листов 3		Лист 1	

	ГКІЮ 012817.000		
	ДП		

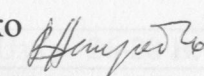
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ЗАПОРОЖСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ

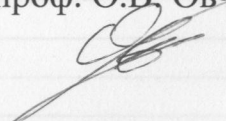
УТВЕРЖДАЮ

на технологічний процес ремонтного наплавлення залізничних
рейок типу Р65

Нормоконтроль доц. В.В. Нетребко 

Зав. кафедрой ОТСП, проф. О.В. Овчинников

Дата

Дата 18.12.2017 

Внедрен в производство

Акт № _____ Дата _____.

Комплект документов
соответствует

ТД

ДОДАТОК Б

142

[illegible]

4044TOK B

АДАТОК Б