

РОБОТА БАКАЛАВРА

КРБ.ЗТ-99.00.00.000 ПЗ

Група ЗТ-21-1

Богдан Нестерук

2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут архітектури та будівництва "ІФНТУНГ-ДонНАБА"

Нестерук Богдан Володимирович

(підпис)

Група ЗТ-21-1

**Розроблення технологічного процесу наплавлення коліс для транспорту
гірничо-збагачувальних підприємств**

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**за освітньо-професійною програмою підготовки бакалаврів
“Інжиніринг зварювальних технологій”
спеціальності 131 “Прикладна механіка”**

Керівник: <u><i>к.т.н., доц.</i></u> <u><i>Панчук М.В.</i></u> _____ <i>підпис</i>	Завідувач кафедри будівництва: <u><i>к.т.н., доц.</i></u> <u><i>Андрусяк А.В.</i></u> _____ <i>підпис</i>
--	---

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАФТИ І ГАЗУ

Інститут архітектури та будівництва Кафедра будівництва
"ІФНТУНГ-ДонНАБА"

ОПП "Інжиніринг зварювальних технологій"

Спеціальність 131 "Прикладна механіка"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри БУД
А.В. Андрусак
(ініціали, прізвище)

(підпис)

" ____ " _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на випускні кваліфікаційну роботу бакалавра
студента Нестерука Богдана Володимировича

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу наплавлення коліс для транспорту гірничо-збагачувальних підприємств.

Затверджена наказом по університету № 283/7 від "07" 05. 2025 р.

2. Термін здачі закінченої роботи 20.06.25

3. Вихідні дані до роботи

Технічні умови на наплавлення зношених поверхонь залізнодорожніх коліс, креслення виробу, умови експлуатації виробу, матеріал виробу сталь Ст60.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити 1 Загальний розділ. 1.1 Характеристика виробу для наплавлення. 1.2 Особливості процесів зношення поверхонь залізнодорожніх коліс. 1.3 Характеристика матеріалу конструкції її зварюваність 1.4 Аналіз чинного технологічного процесу наплавлення. 2 Технологічний розділ. 2.1 Вибір способу наплавлення і обладнання для його виконання. 2.1.1 Обґрунтування способу наплавлення. 2.1.2 Вибір матеріалів для наплавлення. 2.1.3 Визначення та розрахунок технологічних параметрів наплавлення. 2.1.4 Вибір основного та допоміжного устаткування для наплавлення. 2.2 Розроблення технологічного процесу наплавлення. 2.2.1 Основні стадії процесу. 2.2.2 Підготовчі операції. 2.2.3 Процес наплавлення. 2.3 Вибір заходів боротьби із напруженнями 2.4 Технічний контроль якості та виправлення браку. 3. Конструкторський розділ. 3.1 Розробка плану цеху. 4. Безпека праці.

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

1. Креслення виробу. 2. Схема технологічного процесу. 3. Установка для механічної обробки поверхні коліс. 4. Стенд для наплавлення поверхонь коліс. 5. План дільниці цеху.

6. Дата видачі завдання _____

Керівник _____ Панчук М.В.

Завдання прийняв до виконання _____ Нестерук Б.В.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Найменування роботи	Термін виконання	Фактичне виконання
1.	Вибір теми, її затвердження		
2.	Ознайомлення з рекомендованою літературою		
3.	Загальний розділ		
4.	Технологічний розділ		
5.	Конструкторський розділ		
6.	Безпека праці		
7.	Виконання розрахунково-графічної частини, додатків та ілюстрацій до роботи		
8.	Ознайомлення керівника з чорновим варіантом роботи		
9.	Оформлення роботи		
10.	Представлення роботи на кафедрі		
11.	Направлення на рецензування		

Студент _____ Нестерук Б.В.

Керівник _____ Панчук М.В.

РЕФЕРАТ

Робота бакалавра складається з 5 креслень А 1, та 61 сторінка пояснювальної записки, 21 рисуноків, 17 таблиць, посилань 15 на використану літературу.

Об'єктом роботи є: технологічний процес наплавлення коліс для транспорту гірничо-збагачувальних підприємств.

Мета роботи: удосконалення технологічного процесу наплавлення коліс для транспорту гірничо-збагачувальних підприємств.

За результатами виконання бакалаврської роботи розроблено технологічний процес наплавлення коліс для транспорту гірничо-збагачувальних підприємств. Особливостями процесу є застосування попереднього підігрівання при температурах 150 ... 250 °С та уповільненого охолодження коліс після наплавлення, а механічна обробка поверхонь коліс виконується до і після наплавлення. Процес наплавлення відбувається під шаром флюсу. У якості матеріалу для наплавлення використано порошковий дріт ПП-АН180МН/98. Для реалізації технологічного процесу підібрано основне та допоміжне обладнання, завдяки якому основні технологічні операції механізовано та автоматизовано. Відновлені за розробленою технологією залізнодорожні колеса можуть експлуатуватися при вищих навантаженнях на вісь до - 27,5 тон та швидкості рухомого складу до 150 кілометрів. Впровадження розробленого технологічного процесу для відновлення зношених поверхонь призведе до підвищення ефективності залізничного рухомого складу підприємств гірничо-видобувного комплексу та зменшення потреби в придбанні нових колісних пар.

Ключові слова: Суцільнокатане колесо, процес наплавлення, порошковий дріт, контроль якості

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 5 drawings A 1, and 58 pages of explanatory note, 20 figures, 17 tables, 15 references to the literature. The bachelor's work consists.

The object of work is: the technological process of surfacing wheels for transport of mining and processing enterprises.

Purpose: to improve the technological process of surfacing wheels for transportation of mining and processing enterprises.

Based on the results of the bachelor's thesis, a technological process for surfacing wheels for transportation of mining and processing enterprises was developed. The process features the use of preheating at temperatures of 150...250 °C and slow cooling of the wheels after surfacing, and the machining of the wheel surfaces is performed before and after surfacing. The surfacing process takes place under a flux layer. The material used for surfacing is flux-cored wire PP-AN180MN/98. To implement the technological process, the main and auxiliary equipment was selected, thanks to which the main technological operations are mechanized and automated. Railway wheels restored using the developed technology can be operated at higher axle loads of up to 27.5 tons and rolling stock speeds of up to 150 kilometers. Implementation of the developed process for restoring worn surfaces will increase the efficiency of railway rolling stock of mining and quarrying enterprises and reduce the need to purchase new wheelsets.

Key words: Solid-rolled wheel, surfacing process, flux-cored wire, quality control

ЗМІСТ

Зміст	5
Вступ	7
1 Загальний розділ.....	9
1.1 Характеристика виробу для наплавлення	9
1.2 Особливості процесів зношення поверхонь залізнодорожних коліс	12
1.3 Характеристика матеріалу конструкції та її зварюваність	14
1.4 Аналіз чинного технологічного процесу наплавлення	15
2. Технологічний розділ	18
2.1 Вибір способу наплавлення та обладнання для його виконання.	18
2.1.1 Обґрунтування вибору способу наплавлення	18
2.1.2 Вибір матеріалів для наплавлення.	20
2.1.3 Розрахунок технологічних параметрів наплавлення.	23
2.1.4 Вибір основного та додаткового обладнання для наплавлення.	25
2.2 Розроблення технологічного процесу	32
2.2.1 Основні стадії процесу	32
2.2.2 Підготовчі операції.	33
2.2.2 Процес наплавлення.	38
2.3 Вибір заходів боротьби з напруженнями	41
2.4 Технічний контроль та виправлення браку	44
2.4.1 Дефекти, що виникають при наплавленні конструкції	45
2.4.2 Магнітні методи контролю	46

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розроблення технологічного процесу наплавлення коліс для транспорту гірничо-збагачувальних підприємств	Літ.	Арк.	Аркушів
						5	58	
						ІФНТУНГ ЗТ - 21-1		

2.4.3 Ультразвукові методи контролю	46
3. Конструкторський розділ	50
3.1 Планування ділянки для наплавлення	50
3.2 Розроблення апарату для механічної обробки поверхонь коліс	53
4. Охорона праці	54
4.1 Завдання охорони праці	54
4.2 Техніка безпеки при роботі з машинами та механізмами	54
4.3 Завдання пожежної безпеки	56
Висновки	57
Перелік використаної літератури	58

					КБР. 3Т - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Швидке зростання промислового розвитку передбачає застосування різноманітних матеріалів для виготовлення конструкцій. В зв'язку з цим є необхідність у з'єднанні металів та їхньому наплавленні товщиною від долей до десятків міліметрів. Асортимент матеріалів, що використовуються також великий – вуглецеві, низьколеговані, високолеговані сталі, їхні сплавами та композитні матеріали.

Процес наплавлення це нанесення матеріалу на поверхню заготовки або виробу способами, які є спорідненими до зварювання. За допомогою цього процесу отримують вироби, що мають в своїй основі необхідну конструкційну міцність та нанесений робочий шар з особливими властивостями такими як корозійна стійкість, зносостійкість, кислотостійкість, термостійкість тощо.

Ефективність наплавлення визначається його продуктивністю; процентною долею основного металу в наплавленому; товщиною шару наплавленого шару. Метою технологій наплавлення є мінімальне проплавлення, яке необхідне формування відновлювальної поверхні.

Наплавлення це основний процес реновації деталей, який дозволяє економити енергетчні та природні ресурси та у великій мірі покращувати екологічну ситуацію. Зміцнення поверхонь за допомогою наплавлення дозволяє збільшити терміни експлуатації виробів в два або три рази.

Економічна ефективність процесу наплавлення заключаються в тому, що нанесення одного кілограму матеріалу під час відновлення може замінити виготовлення 15...25 кілограмів нових деталей, а під час зміцнення – 60...75 кг.

На даний час основними завданнями транспорту гірничо-збагачувальних підприємств (ГЗК) є забезпечення перевезень сировини, готових виробів та персоналу. До основних видів транспорту, що забезпечують внутрішні і зовнішні перевезення відносяться - конвеєрний,

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автомобільний і залізничний. Залізничний транспорт для виконання завдань гірничо-збагачувальних підприємств є одним з найефективніших як з технічної так і економічної точок зору.

Утримання залізничного парку для гірничо-збагачувальних підприємств це найбільш фондомісткий елемент в структурі їхніх витрат. Тому підтримання належного стану рухомого складу залізничного транспорту є актуальним завданням.

Одним з головних елементів вагонів, локомотивів, дрезин та інших рухомих засобів є колісна пара, яка є відповідальною за ефективність перевезень та безпеку руху. Надійність експлуатації колісних пар у великій мірі визначається станом бандажів. Ця надійність пов'язана із станом поверхонь кочення та гребеня коліс, які піддаються найбільшому зношенню.

Технічне обслуговування та виконання ремонтних робіт колісних пар складає близько 30% від усіх затрат для служб рухомого складу підприємств. Більша частина цих витрат відноситься до затрат, що стосуються відновлення профілів поверхні кочення та заміни пошкоджених або зношених коліс. Чинні способи відновлення мають ряд суттєвих недоліків: мала ефективність процесу і значні матеріальні та трудові затрати. Тому розроблення нових високотехнологічних способів відновлення коліс для рухомого складу гірничо-збагачувальних підприємств є актуальним завданням.

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Характеристика виробу для наплавлення

Гірничо-збагачувальний комплекс України має на своїй території сітку залізних доріг та володіє великою кількістю залізнодорожного транспорту, де крім тепловозів, та товарних вагонів використовуються спеціальний рухомий склад куди входять так само – злитковози, чугуновози, шлаковози тощо.

Основними транспортними одиницями залізничного транспорту на гірничозбагачувальних комбінатах є локомотиви, вантажні вагони та вагони самоскиди.

Вантажні вагони призначені для транспортування сировини та готової продукції. Вагони-самоскиди (рис.1.1) призначені для транспортування з кар'єрів руди, скельних порід та інших вантажів. Такі вагони мають функцію механізованого розвантаження вантажів на дробильних установках та відвалах гірських розробок. Для пересування вантажних вагонів застосовуються різноманітні види локомотивів. Вид локомотиву залежить від ваги та довжини потягів, типу рельєфу місцевості залізничної колії.

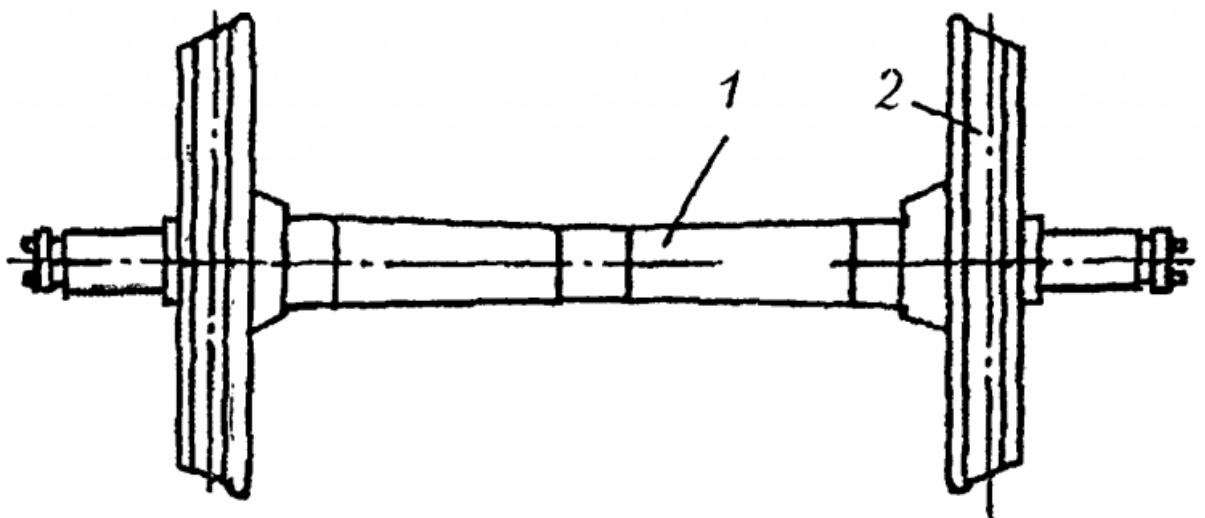
Одним із вузлів ходової частини вагонів, що працює в найтяжчих умовах, є колісна пара. Її вісь постійно знаходиться під дією великих статичних та динамічних навантажень. Крім цього вона отримує додаткові напруження стиснення в місцях пресових з'єднань з колесами і сприймає удари від рельсів при наявності дефектів на поверхні кочення коліс та на стиках. На працездатність осей впливають різні технологічні порушення при її виготовленні та обробці. Суміщення ряду цих чинників сприяє виникненню в осі місцевих напружень, які разом з втомлювальними явищами призводять до утворення тріщин. Глибина дефектного шару на шийках осей складає зазвичай 0,1 ...0,3 мм на діаметр.

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.2 Вагон самоскид

Колісна пара це основна несуча та направляюча деталь рухомого складу. Від справності колісної пари у великій степені залежить безпечний рух вагонів. До складу колісної пари входять: вісь та два колісних диски, жорстко напресовані на не (рис 1.2).



1 - Вісь; 2- колісні диски.

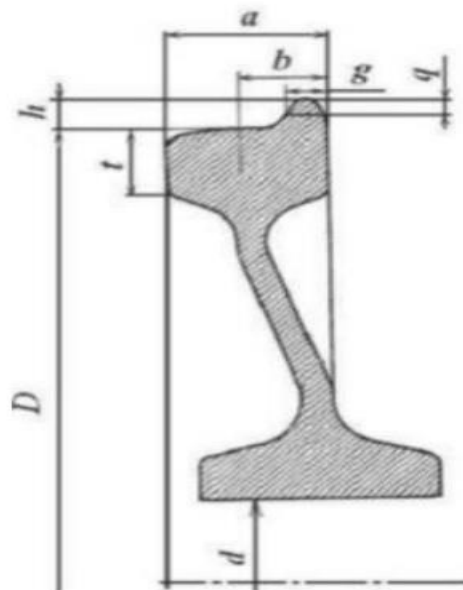
Рисунок 1.2 – Колісна пара

					КРБ. 3Т - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Колісна пара знаходиться у горизонтальному положенні, в той час як вона є складовим елементом вантажного візка вагона або локомотива. Вона відповідає за перенесення навантаження від частини вагона чи локомотива, які знаходяться над рессорами на рейки,

Обід колісної пари має поверхню кочення відповідного профілю, що контактує з рейками. Поверхня кочення із внутрішньої сторони обмежується гребенем (ребордою). Гребінь призначений для попередження злітання дисків коліс з рейок. Поверхня кочення має нахил, який призначений для можливості відцентрування колісної пари в процесі руху прямою ділянкою і робить кращим рух по кривих ділянках колії.

Загальний вигляд суцільнокатаного колеса, геометричними даними проедставлено на рисунку 1.3



D – діаметр колеса; a ширина обода; b – відстань від внутрішньої базової грані до коло кочення; t – товщина ободу; d – діаметр маточини; g – ширина гребеня; h – висота гребеня; q – відстань від вершини гребеня для виміру його ширини.

Рисунок 1.3 – Суцільнокатане колесо

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

В даний час для забезпечення високої міцності та надійності вагонні колеса виготовляють методом катання в цілому. Тобто такі колеса являють собою єдине ціле, а не конструкцію з окремих частин, які з'єднані між собою. Значення основних геометричних розмірів суцільнокатаних коліс представлено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Геометричні розміри суцільнокатаних коліс

Геометричні розміри коліс	Номінальні значення
Діаметр , мм	957
Відстань від внутрішньої базової грані до коло кочення, мм	70
Ширина обода, мм	130
Товщина ободу, мм	147
Діаметр маточини, мм	263
Ширина гребеня, мм	33
Висота гребеня, мм	28
Відстань від вершини гребеня для виміру його ширини, мм	18

1.2 Особливості процесів зношення поверхонь залізнодорожних коліс

В процесі експлуатації, внаслідок значних статичних і динамічних навантажень, привзаємодії з рейками колісна пара піддається зношенню. Зношення відбувається за профілем кочення. Через особливість роботи пари тертя кочення – колесо рельс, інтенсивніше зношується поверхня гребеня колеса, в той час як на поверхні катання коліс утворюються різноманітні дефекти типу - вищерблень.

Степінь зношення визначається багатьма чинниками, пов'язаними з способами навантаження коліс під час експлуатації, станом поверхонь, що контактують геометричних розмірів профілю колеса і рейки, співвідношень їхньої твердості тощо. На поверхні коліс також виникають дефекти, що

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

називаються «вищербинами». «Вищербини» - це викришування кусочків металу з поверхні кочення коліс.

Утворення «вищербин» має термомеханічний характер. Вони які утворюються під час проковзування коліс по рейках. Проковзування сприяє формуванню гартівних структур в шарі біля поверхні металу. Це явище пізніше може призвести до відшарування металу. Встановлено, що у випадку високого вмісту вуглецю у колісній сталі вірогідність виникнення «вищербин» є досить високою.

Причиною утворення вищербин також є втомне руйнування шарів металу які знаходяться на поверхні коліс. Втомне руйнування виникає через дію контактних, багатократно повторюваних навантажень. Або за рахунок термічних тріщин, що виникають під час нагрівання поверхонь гальмівними колодками. Вищербини часто виникають в місцях розміщення наварів, плазунів, та світлих плям.

Світлі плями утворюються на поверхнях кочення під час гальмування в умовах нагрівання та впливу холодного атмосферного повітря на поверхню колеса.

Крім названих причинами вищербин так само можуть бути приховані пороки матеріалу колеса. У випадку якщо, колісні пари мають на своїй поверхні вищербини глибиною – 10 мм та більше або довжиною – 25 мм і більше для пасажирських вагонів та – 50 мм і більше для вантажних то експлуатація таких вагонів забороняється.

Зношення гребеня відбувається в результаті механічного тертя, а причиною утворення вищербин є формування закалювальних структур в приповерхневому шарі металу колеса та дія термомеханічного ефекту.

Крім цього, через порушення технології виробництва, неправильного збирання, несправностей системи гальм та інших чинників, у колісних парах утворюються несправності, дефекти за наявності пари потребують ремонту.

Від стану колісних пар напряму залежить безпечний руху залізнодорожного транспорту. За цього характерними дефектами їх є-

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

зношування бандажів, повзуни або вибої, вм'ятини, підріз гребеня, тріщини, надколи зубів у зубчастому колесі тощо.

Повзуни або вибої на поверхні колеса утворюються також внаслідок заклинення колісних пар під час неправильного гальмування, руйнуванні роликів підшипників, заклиненні зубчастої передачі.

1.3 Характеристика матеріалу конструкції та її зварюваність

Колеса виготовляються з сталі Ст60. Сталь 60 це конструкційна вуглецева сталь. Сталь Ст60 відповідає вимогам стандарту ДСТУ 7809, та класифікується як якісна конструкційна сталь. Хімічний склад сталі Ст60 наведено в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 Хімічний склад сталі Ст60

C	Si	Mn	S	P	Cr
0,57 -0,65	0,17 - 0,37	0,50 - 0,80	≤0,04	≤0,035	≤0,25

Механічні властивості сталі Ст60 наведено в таблиці 1.3 .

Таблиця 1.3 - Механічні властивості сталі Ст60

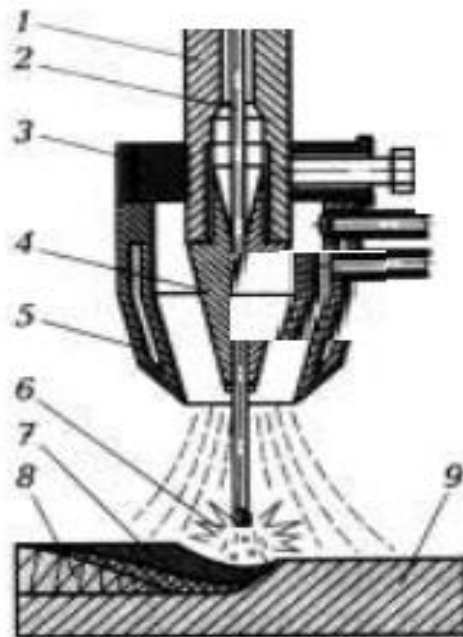
Марка сталі	Механічні властивості		
	Тимчасовий опір розриву σ_b , МПа	Межа текучості σ_t , МПа	Відносне видовження δ_b , % (не менше)
Ст60	680	400	35

Сталь 60 застосовують для виробництва залізнодорожних коліс, замкових шайб, шпинделів та інших виробів високої зносостійкості та міцності.

1.4 Аналіз чинного технологічного процесу наплавлення

Зазвичай для відновлення зношених поверхонь використовують технології наплавлення, що є економічно вигідним. Відновлення зношення гребеня за допомогою наплавлення дозволяє зменшити відходи металу під час механічного обточування за профілем катання колеса, а також зменшити рівень зношення гребеня за рахунок нанесення на його поверхню металу з заданими властивостями.

Наплавлення в середовищі вуглекислого газу відноситься до дугових методів ведення процесу (рис. 1.4). В якості захисного середовища використовується вуглекислий газ.



1 – мундштук; 2 – електрод; 3 – електричний пальник; 4 – наконечник; 5 – сопло; 6 – зона горіння дуги; 7 – зварювальна ванна; наплавлений метал; 9 – деталь.

Рисунок 1.4 - Процес наплавлення в захисному газі

Для ведення технологічного процесу наплавлення зварювальний струм підводиться до електроду 2, проходячи мундштук 1 і наконечник 4, що

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

розташовані у електричному пальнику 3. Під час процесу наплавлення відбувається перемішування металу деталі та електродного дроту. За цього до зони функціонування дуги 6 подається вуглекислий газ. Рух сопла 5 відбувається впродовж деталі 9. При охолодженні зварювальної ванни 7 утворюється наплавлений метал 8.

Якщо наплавлення відбувається електродом Св-0820Н9Г7Т, то на поверхні коліс можуть утворюватись дефекти – надриви. Це відбувається в місці сплавлення першого валика із металом колеса і свідчить про недостатнє прогрівання контактних поверхонь.

Застосування технології “холодного” перенесення металу дозволяє попередити утворення деформацій під час наплавлення зовнішніх поверхонь деталей. Використання цієї технології не вимагає попереднього підігрівання коліс перед наплавленням та повільного їх остигання в спеціальних термостатах після завершення процесу і таким чином термостати у даному випадку не використовуються, що значно зменшує площу ремонтних ділянок.

Наплавлення виконується за допомогою аустенітного електроду при зменшеній температурі плавлення. Такий ефект знижує стійкість до утворення холодних тріщин. Крім цього виникає підвищена величина твердості у наплавленому шарі, що є пов'язаним з великою долею основного високовуглецевого металу. Зменшення перегрівання металу і долі його участі в процесі наплавлення досягається внесенням додаткового гарячого присадкового металу в задню частину остиваючої зварювальної ванни. Присадковий матеріал, який додатково вводиться у зварювальну ванну, поглинає частину теплоти і цим самим зменшує теплову дію на основний метал конструкції.

На підставі узагальнення результатів багаточислених досліджень встановлено, що для проведення наплавлення гребенів коліс в середовищі вуглекислого газу з додатковим електродом, у якості основного - рекомендується застосовувати дріт Св-04Х19Н11МЗЮ, а в якості присадного – дріт марки Св-04Х22Н8МЗТЮ.

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Внаслідок такого поєднання вірогідність утворення як гарячих так і холодних тріщин в наплавленому матеріалі стає меншою, але проблема не вирішується у принципі.

Час проведення робіт з відновлення колісної пари у випадку використання технології «холодного» наплавлення гребенів у середовищі вуглекислого газу з використанням додаткового електроду складає - близько 3...4 годин.

Перевагою описаного способу відновлення зношених коліс є висока твердість наплавленого металу, мала кількість основного металу в наплавленому шарівідносно невеликий виробничий цикл наплавлення.

Недоліками технології наплавлення зношених поверхонь коліс є низька надійність та продуктивність процесу, значні затрати часу для очищення вже наплавленого шару перед наплавленням іншого, нестабільність якості наплавленого металу, що залежить від нерівномірності поверхонь наплавлення, значне розбризування металу, що складає 10...12% і відкрите світлове випромінювання.

За цього основним недоліком технології, що використовувалась раніше можна вважати можливість утворення тріщин (рис. 1.5) що суттєво підвищує можливість виникнення аварійних ситуацій під час експлуатації коліс та значних пошкоджень транспортної інфраструктури.



Рисунок 1.5 – Макроструктура наплавленої поверхні

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір способу наплавлення та обладнання для його виконання

2.1.1 Обґрунтування вибору способу наплавлення

За даними різних джерел на планеті використовується близько 10 000000 залізничних коліс. Їхній ремонт зможе значно знизити загальний вуглецевий слід та зменшити в зв'язку з цим кількість сталі яка би використовувалась для виробництва нових одиниць. Таким чином актуальним на даний час є розроблення та застосування ефективних технологій відновлення поверхонь коліс.

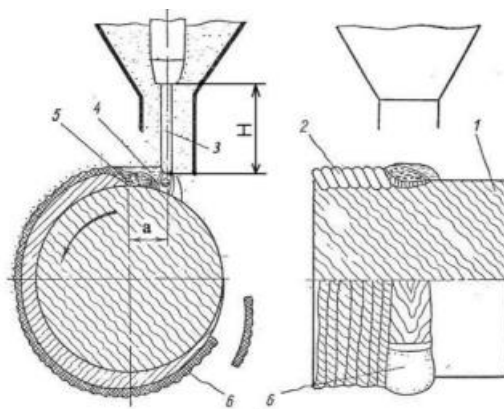
Враховуючи аргументи, що наведені в попередньому параграфі відносно чинного напівавтоматичного способу наплавлення у вуглекислому газі, а також сучасні вимоги до конструкції, що проектується варто було б зупинити увагу на високопродуктивному автоматичному способі. Порівняльна характеристика способів наплавлення у вуглекислому газі та під шаром флюсу представлена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Порівняльна характеристика способів наплавлення

Спосіб наплавлення	Продуктивність, кг/год	Частка основного металу, %	Товщина наплавленого шару за один прохід, мм
Плавким електродом в захисному газі	1,5 ... 9,0	30...60	3,0...5,0
Під шаром флюсу	2,0...12,0	30...60	3,0 ...5,0

За даними таблиці 2.1 продуктивність способу наплавлення під шаром флюсу є вищою за рівністю інших показників, таких як частка основного металу у наплавленому шарі та товщини наплавленого металу виконаної за один прохід.

Суттєвими перевагами для автоматичного процесу наплавлення є: безперервність процесу, яка досягається за рахунок використання стрічки або електродного дроту; підведення електричного струму до торця електроду на малій відстані від дії дуги, що дозволяє використовувати великі величини струму без ризику перегрівання дроту, велика продуктивність цього процесу. З відомих способів механізованого та автоматичного наплавлення найбільш поширеним можна вважати спосіб під флюсом (рис. 2.1).



1 – виріб; 2 – наплавлений шар; 3 – електродний дріт; 4 – флюс; 5 – зварювальна ванна; 6 – шлакова кірка; а – зміщення електроду; Н – висота електроду

Рисунок 2.1 - Схема процесу наплавлення під шаром флюсу

Відновлення зношеної поверхні залізничного колеса можна виконувати за допомогою дугового наплавлення порошковим або суцільним дротом під шаром флюсу.

В процесі наплавлення під флюсом (рис. 2.2) порошковий флюс, безперервно подається у ділянку дуги, де утворює над розплавленим металом шлакову оболонку. Шлакова оболонка через характерну для неї низьку теплопровідність знижує швидкість остивання наплавленого металу та сприяє нормалізації його структури. Додатково оболонка запобігає

розбризуванню металу та створює надійний захист для нанесеного шару металу від окислення.

Основними перевагами процесу наплавлення під флюсом є:

- отримання наплавлюваного шару з необхідним хімічним складом та заданими технічними параметрами для проєктованого виду зношення;
- можливість багаторазового наплавлення, що зменшує витрати матеріалу;
- висока продуктивність процесу наплавлення;
- можливість автоматизації процесу.

При напавленні під флюсом на поверхні виробу утворюється нанесений шар високої якості, який має добре сплавлення з основою, а також необхідний склад і структуру, що забезпечують необхідні вимоги. З цією метою застосовують легуючі елементи. На даний час виробляються різні види електродного дроту у відповідності до вимог ремонтного виробництва.

При використанні способу наплавлення виробів під флюсом появляються додаткові можливості для досягнення заданого хімічного складу поверхневого шару та необхідних фізико-механічних властивостей.

Наплавлення під флюсом використовується для виробів, що експлуатуються в умовах силтертя без наявності мастильного матеріалу, за дії високих рівнів навантажень

2.1.2 Вибір матеріалів для наплавлення.

На сьогодні для наплавлення гребенів залізнодорожних коліс рекомендується використання використання дротів суцільного перерізу марок Св-10ХН2ГСМФТЮ, Св-08ХМФ, Св-08ХМ, а також порошковий дріт марки ПП-АН180МН/90. Наплавлення дротами суцільного перерізу виконується в середовищі захисних газів та під шаром флюсу. Напавлений метал з використанням названих матеріалів відповідає рівню міцності і твердості

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залізнодорожних коліс, а також відрізняється високою зносостійкістю.

Разом з тим основними тенденціями розвитку залізничного транспорту є збільшення навантаження на вісь вантажних вагонів та збільшення швидкості їхнього руху. Ці підходи направлені на збільшення навантаження на вісь до 27, 5 тон та швидкості руху до 150 кілометрів на годину. Все це потребує використання коліс великої міцності, метал яких мав би високий рівень тріщиностійкості

Відповідно до рекомендацій для відновлення поверхонь залізничних коліс було вибрано порошковий дріт ПП-АН180МН/98. Порошковий дріт ПП-АН180МН/98 було розроблено на основі вже діючого - ПП-АН180МН/90.

Як шлакову систему для нового порошкового дроту було використано систему $\text{CaO-MgO-CaF}_2\text{-SiO}_2$, яка зазвичай використовується для дротів виду ПП-АН180МН.

Порошковий дріт ПП-АН180МН/98 відноситься до електродів з малошлаковою основою (менше 6 % шлакотворних компонентів), що виключає негативний вплив компонентів шихти на її зварювальні властивості та забезпечити стабільні властивості наплавленого металу.

Співвідношення компонентів, що складають шлакову основу, забезпечують високі параметри наплавлення, особливо при відділенні шлакової кірки. За цього наплавлений метал має високу текучість, він добре формує валики та утворює плавні переходи між валиками та основним металом.

Шлакова основа дротів забезпечує високу стійкість проти утворення пір, та низький рівень водню в наплавленому металі, що демонструє високу опірність тріщиностійкість. Хімічний склад наплавленого металу наведено в таблиці 2.2, а механічні властивості наплавленого металу представлено в таблиці 2.3.

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Хімічний склад наплавленого металу (%)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	V	S	P
0,12	0,48	1,15	0,96	0,7	0,022	0,1	0,02	0,03

Для виконання процесу наплавлення використовуємо флюс АН-60. Цей флюс відноситься марганцево-силікатного типу та є кислим. Він виконує легування розплавленого металу марганцем та кремнієм. Флюс АН-60 використовується у вигляді гранул розмірами 0,25 ...1,6 міліметри. Під час наплавлення зерна плавляться. За цього виділяється газ. Після цього утворюється кірка.

Таблиця 2.3 – Механічні властивості наплавленого металу

Технічні характеристики	Значення
Границя міцності, МПа	890
Відносне видовження, % не менше	10,7
Границя текучості, МПа	800
Ударна в'язкість, Дж/ см ² (КСV) (20)	96

Даний тип флюсу можна використовувати для механізованих способів наплавлення та зварювання вуглецевих сталей, що експлуатуються при температурних режимах до сорока градусів вище нуля. Характерною особливістю флюсу марки АН-60 є якісне формування наплавленої поверхні за високих швидкостей. Хімічний склад флюсу наведено в таблиці 2.4

Таблиця 2.4 Хімічний склад флюсу АН-60, %

Оксид кремнію	Оксид марганцю	Оксид кальц.	Оксид магн.	Оксид алюмінію
42...46	36...41	Не більше 10	Не більше 3	Не більше 6

Приміщення, в якому проводяться роботи з наплавлення повинні бути оснащені обладнанням для припливної та витяжної вентиляції.

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2.1.3 Розрахунок технологічних параметрів наплавлення

Для відновлення залізнодорожних коліс використовуємо спосіб наплавлення порошковим дротом під шаром флюсу.

До основних технологічних параметрів наплавлення даним способом можна віднести:

- діаметр порошкового дроту;
- полярність;
- сила електричного струму;
- напруга дуги;
- швидкість подачі порошкового дроту;
- швидкість наплавлення.

Параметри режиму наплавлення підбираються у відповідності до розмірів виробу, який наплавляють, а також товщини напавленого шару. Режим наплавлення зумовлюється станом зварювальних матеріалів: хімічним складом дроту або стрічки, чистотою флюсу, діаметром електродного дроту чи товщиною стрічки, характеристиками джерел живлення тощо. В таблиці 2.5 представлені типові технологічні параметри для процесу наплавлення.

Таблиця 2.5 – Технологічні параметри процесу наплавлення

Товщина поверхонь, мм	Параметри режиму			
	Струм наплавлення, <i>A</i>	Напруга, <i>B</i>	Швидкість наплавлення, <i>м/год</i>	Виліт електродного дроту, мм
Порошкові дроти: ПП-АН180МН/98; d = 2,0 мм; a _H = 13 г/Агод				
3...6	200...240	24...25	100,0	15...20
8...12	250...300	25...27	120,0	15...20

14...20	300...350	26...28	170,0	20...25
Порошкові дроти: ПП-АН 3, d = 3.0 мм; a _н =13...17 г/Агод				
5...10	360...380	25...-28	140,0	15...20
10...15	420...450	26...29	170,0	20...25
15..25	460...490	29...32	210,0	25...30

Для наплавлення поверхонь цільнокатаних коліс вибираємо порошок дріт марки АН180МН/98 діаметром 2 мм. Відповідно до таблиці 2.4 струм наплавлення буде знаходитись в межах 200...240 А, виліт електродного дроту 15 ...20 мм, напруга 24...25 В, швидкість наплавлення складе 100 м/год. Процес наплавлення виконуємо за допомогою постійного струму зворотної полярності у напрямку знизу вгору.

Продуктивність процесу визначимо а відповідності до математичних залежностей наведених нище. Маса наплавленого металу визначимо за формулою 2.1:

$$Q_n = F_{нп} \cdot h_n \cdot \gamma \quad (2.1)$$

Де:

- F_{нп} – площа поверхні, що наплавляється, мм²;
- h_н – необхідна висота шару, що наплавляється, см;
- ρ – густина металу (ρ=7.8 г/см³).

Відповідно до даних таблиці 2.2 розраховуємо площу наплавлення гребеня та вибираємо висоту наплавлення гребеня колеса.

$$Q_n = 991 \cdot 2,8 \cdot 7.8 = 21,6 \text{ кг}$$

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Витрата електродного дроту розраховується за формулою 2.2

$$Q_B = Q_H \cdot K \quad 2.2$$

Коефіцієнт - $K=1.25 \dots 1.35$;

Підставивши дані в формулу 2.2 отримаємо необхідну кількість електродного дроту.

$$Q_B = 21,6 \cdot 1.25 = 27 \text{ кг}$$

Дані розрахунків представлено представлені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Дані розрахунків технологічних параметрів

Параметри	Одиниці	Значення
Діаметр порошкового дроту	мм	2
Сила зварювального струму	А	200...240
Напруга	В	24...25
Виліт електродного дроту	мм	15...20
Швидкість наплавлення	М/ГОД	100
Маса наплавленого металу	кг	21,5
Витрати електродного дроту	кг	27

2.1.4 Вибір основного та додаткового обладнання для наплавлення

Для виконання технологічного процесу наплавлення було підбрано установку – комплексну систему A6S Arc Master фірми ESAB (рис.2.2). A6S Arc Master – являє собою комплексну систему для зварювання та

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

наплавлення під флюсом, та забезпечує гнучкість процесу, надійність та довговічність. Система є доступною в у якості стандартних моделей та може адаптуватись до заданих вимог. Технічні параметри зварювальної установки наведено в таблиці 2.7.



Рисунок 2.2 - Комплексну систему A6S Arc Master фірми ESAB

Враховуючи можливість автоматичного відстеження процес наплавлення у повній мірі контролюється. За допомогою використання електронного контролера можна досить точно і швидко здійснити програмування всіх технологічних параметрів перед початком наплавлення. За цього система зворотних зв'язків забезпечує стабільну і високу якість наплавлення протягом всього процесу. Таким чином відбувається економія часу і матеріалів.

Таблиця 2.7 - Технічні характеристики комплексної системи A6S Arc Master

Технічні характеристики	Значення
Максимальний струм для ПВ 100%	1500
Діаметр дроту, мм	3...6
Швидкість подачі дроту мм/хв	0,2 ...4
Довжина, мм	747

Ширина, мм	300
Висота, мм	497
Маса, кг	34

Надійну роботу комплексної системи A6S Arc Master фірми ESAB підберемо джерело живлення марки IDEALARC DC-1000, представлене на рисунку (рис.2.3). Вказане джерело живлення виготовляється фірмою Лінкольн Електрик та використовується для механізованого і автоматичного зварювання.



Рисунок 2.3 - Джерело живлення марки IDEALARC DC-1000

Використання джерела живлення IDEALARC DC-1000 дозволяє вести точний контроль технологічних параметрів та підтримувати високу якість зварювання при проведенні процесу в середовищі захисних газів, під шаром флюсу, використанні порошкового дроту та повітряно-дуговому струганні вугільним електродом. Технічні параметри джерела живлення наведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8. Технічні параметри джерела живлення IDEALARC DC-1000

Найменування параметра	Характеристика
Напруга холостого ходу, В	60,0
Інтервал регулювання сили струму, А	150...1300
Напруга мережі, В	230/ 380 / 440
Інтервал регулювання напруги, В	16-46
Зварювальний струм / напруга / ПВ %	1250 / 44 / 50
Зварювальний струм / напруга / ПВ %	1140 / 45/ 60
Зварювальний струм / напруга / ПВ %	1000 / 44 / 100

Для проведення наплавлювальних робіт крім технологічного обладнання так само використовується оснастка. Правильний вибір оснастки допомагає позитивно впливає на ефективність робіт з наплавлення поверхонь, продуктивність та безпека праці.

Ми проводимо вибір оснастки для наплавлення на базі установкт РМ-9. Установка складається з:

- опор для різних типівосей, на які встановлюються колісні пари для відновлення;
- приводу обертання зі змінною швидкістю, що дозволяє обертати колісні пари разом із буксами, а також і без них;
- двох стаціонарних поворотних колон з косолями, які мають переміщатися, як горизонтально так і вертикально;
- двох автономних апаратів для наплавлення, що можуть монтуватися на консолях колон, за цього кожний апарату своїй комплектації має джерело живлення та мікропроцесорний блок для управління технологічними параметрами наплавлення;

- двох систем збирання відпрацьованого флюсу, його оброблення та подачі у бункери для повторного використання.



Рисунок 2.4 - Установа РМ-9 зовнішній вигляд

Технічні параметри установки представлені РМ-9 в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Технічні характеристики установки РМ-9.

Найменування параметра	Характеристика
Мінімальний діаметр колеса, мм	900
Максимальний діаметр колеса, мм	1100
Максимальний діаметр осей, мм	230
Максимальна маса колісних пар, кг	2500

Кут повороту колони, град	360
Вертикальний хід консолі, мм	400
Межі регулювання зварювального струму, А	200...1000
Межі регулювання напруги, В	20...56
Діаметр електродного дроту, мм	2...5
Швидкість горизонтального переміщення консолі, м/год	4,2...54
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	30...300
Довжина установки, мм	5500
Ширина установки, мм	865
Висота установки, мм	2530

Установка РМ-9 є базовою і універсальною. Для виконання відновлювальних робіт (рис. 2.5) для коліс різних розмірів та різного призначення вона може комплектуватись необхідним для цього обладнанням. До переваг установки також можна віднести регульовану швидкість наплавлення, наявність систем автоматичного управління наплавлюванням, наявність системи збору флюсу та подавання його для повторного використання.

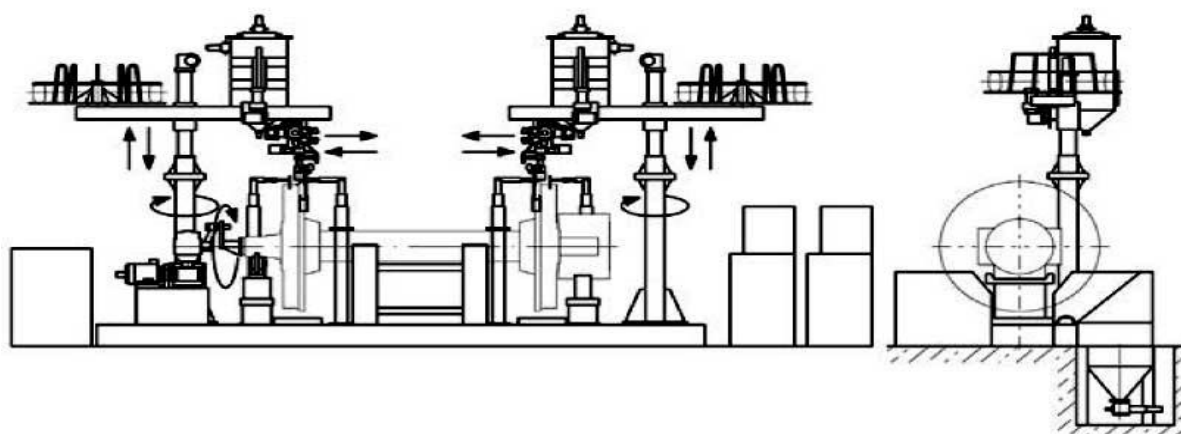


Рисунок 2.5 - Проведення відновлювальних робіт на базі установки РМ-9 є

Для підйому та розвороту колісної пари під час виконання підготовчих, робіт, процесу наплавлення, контролю якості використовуємо підйомно-поворотну установку представлену на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6– Підйомно-поворотна установка

Установка може працювати окремо, а також у складі спеціальної механізованої естакади під час проведення відновлювальних робіт колісних пар. Технічні параметри установки представлені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 - Технічні характеристики установки підйомно-поворотної установки.

Найменування параметра	Характеристика
Висота підйому колісної пари, мм	200
Кут повороту колісної пари, град	180
Тип приводу	пневматичний
Тип приводу підйому	пневматичний
Тиск повітря в системі, МПа	0,4 ...0,6

Для механізації та автоматизації робіт понаплавленні виберемо зварювальну колону СВ-МАТІС (рис. 2.7)



Рисунок 2.7- Зварювальна колона СВ-МАТІС

Зварювальна колона СВ-МАТІС сконструйовані таким чином, що вони підсилюють переваги процесів зварювання в захисних газах, підшаром флюсу, а також процесів наплавлення.

2.2 Розроблення технологічного процесу наплавлення

2.2.1 Основні стадії процесу

Використання технології наплавлення для відновлення коліс є економічно вигідним процесом. Відновлення шляхом наплавлення дозволяє зробити меншими відходи матеріалу ободу під час його механічного обточування за профілем кочення. Також в даному випадку підвищується зносостійкість колеса завдяки наплавленню металу з необхідними характеристиками.

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Для реалізації наведених переваг ми застосовуємо спосіб наплавлення під флюсом порошковим дротом, а також відповідне технологічне обладнання та зварювальну оснастку.

Технологічний процес наплавлення гребенів залізнодорожних коліс складається з наступних стадій.

1. Перед початком відновлювальних робіт вивчають дефекти коліс.
2. На першому етапі виконуємо механічне оброблення поверхні колеса. За допомогою верстатів усуваємо наклеп після чого проводимо вирівнювання колеса. Для усунення залишкових напружень і встановлення прихованих дефектів колеса нагріваємо до температури 600⁰С.
3. На другому етапі виконуємо наплавлення гребенів залізнодорожних коліс і таким чином відновлюємо їхню пошкоджену поверхню.
4. Третій етап передбачає контроль якості виконання робіт. Одним з видів є капілярна дефектоскопія. Такий вид контролю дозволяє встановлювати дефекти, які не можна виправити за допомогою наплавлення, зокрема глибинні тріщини.
5. Завданням четвертого етапу є механічне оброблення залізнодорожного колеса з метою відновлення його геометричних розмірів. Після завершення механічного оброблення виконуємо контроль геометричних параметрів та механічних показників деталі.

2.2.2 Підготовчі операції

Першою технологічною операцією процесу відновлення є очищення колісних пар. Для очищення коліс зазвичай використовують гідромеханічні та струминно-гідравлічні методи. У якості розчину для миття застосовуємо каустичну соду з концентрацією 2...4% за температури 80-90 ⁰С та тиску 1,0-1,5 МПа. Для ополіскування застосовуємо воду за температури 50-60⁰ С.

Для покращення якості чищення колісних пар машини для миття додатково оснащують механізмами для механічного зняття бруду з середньої

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

ділянки осі. Для цього використовують обертові металеві щітки, віброщітки а також шкребки. Час виконання технологічної операції з очищення колісної пари триває в межах 8-10 хв.

Після очищення конструкції проводимо її дефектоскопію. З метою виявлення різноманітних дефектів, які загрожують безпечній експлуатації колісної пари, як на початку так і в кінці процесу ремонту передбачено проведення магнітної та ультразвукової дефектоскопії поверхонь коліс. Виявлені дефекти фіксують і встановлюють придатність коліс до проведення відновлювальних робіт.

Колісні пари, які надходять на колісоторну дільницю, оглядають. Під час огляду виконується обмірювання відстані між внутрішніми торцями коліс та діаметрами за колом кочення. Результати вимірювань відзначають крейдою на внутрішніх торцях коліс.

Після цього колісну пару встановлюють на колісно-токарний агрегат. Обробленню профілю поверхні кочення коліс шляхом обточування піддаються - власне сама поверхня кочення, гребінь, фаски на зовнішньому та, за необхідності, внутрішньому краях.

При виробництві та відновлення виробів відомим є термін – технологічна спадковість. Цей термін означає перехід властивостей, деталей, що відновлюються від одної операції до іншої. Для відновлювальних деталей характерною є також експлуатаційна спадковість, що накопичилась у них під час експлуатації деталі.

На поверхні деталі, яка постуває на відновлення завжди є невеликий шар, який містить різноманітні дефекти у кристалічній структурі, які пояються за результатами фазових перетворень, вторинні структури, наклеп.

Цей дефектний шар має негативний вплив на втомлювану міцність наплавлених деталей. Він вміщає концентратори напружень, зменшує міцність з'єднання покриття з основним матеріалом, робить гіршими характеристики поверхні тощо.

Враховуючи наведені аргументи при розробленні технологічного процесу

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

відновлення необхідно передбачити, операції, які зменшують експлуатаційну спадковість – очищення від забруднень та продуктів корозії, видалення дефектного шару тощо.

Для виконання процесу обточування поверхні коліс використовується колесотокарний верстат марки ВТУ (рис.2.8). Верстати серії ВТУ є засобами технологічного оснащення ділянок для ремонту рухомого складу і призначені для виконання процесу обточування поверхонь коліс: вагонного складу, електровозів, дрезин, тепловозів, мотовозів, трамваїв тощо.

Колесотокарний верстат комплектується відповідними складовими одиницями. До його складу входить станина, що являє собою цільнозварну конструкцію, виготовлену з листової сталі.



Рисунок 2.8 - Верстати ВТУ

На станині змонтовані підйомні пристрої, супорти, а також пристрій для підтримання тягового двигуна. Встановлені супорти, можуть поздовжньо переміщатись та забезпечують ручне поперечне та поздовжнє переміщення різців (рис.2.9)



Рисунок 2.9 - Комплекти різців

Верстат також оснащений механізмами для підняття та утримання колісної пари під час оброблення, пристроєм для підтримання тягового двигуна, приводом подач, приводом обертання колісної пари. Для подачі масла під тиском у гідродомкрати підйомних механізмів (рис.2.10) і пристрою підтримання тягового двигуна використовується гідростанція. Для переміщення колісної пари на платформу верстата передбачено спеціальні рейкові вставки. Основні технічні характеристики агрегата наведені в таблиці 2.

Особливість верстата ВТУ-01 полягає в тому, що його конструкція є технологічною як у виготовленні так і в ремонті. Для його комплектації використовуються серійні редуктори у приводах подач та приводі обертання коліс, а для керування двигунами використовуються частотні перетворювачі.



Рисунок 2.10 - Підйомні пристрої для піднімання і утримання колісної пари

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Такий підхід дозволяє встановити безступінчасте регулювання подач. Це рішення дозволяє не використовувати багатоступінчасті редуктори із змінними шестернями в приводах. Технічні характеристики верстата ВТУ наведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 - Технічні характеристики верстата ВТУ

Найменування параметра	Значення
Ширина колії, мм	1520
Мінімальний діаметр колеса, мм	900
Максимальний діаметр колеса, мм	1250
Максимальна ширина профілю колеса, мм	150
Максимальне навантаження на колісну пару, т	20
Глибина різання найбільша, мм	4
Швидкість різання номінальна, м/хв	80
Параметри електричної системи, В	450
Установлена потужність верстата, кВт	20
Тиск в гідросистемі номінальний, МПа	16
Вантажопідйомність пристроїв підйому пари, т	2x25
Висота верстата, мм	5910
Ширина, мм	2650
Висота від дна канави, мм	1560
Маса верстата, кг	5000
Тиск повітря в системі, МПа	0,4 ... 0,6

Електропривід з можливістю управління від частотних перетворювачів дає можливість запобігати появі перевантажень сили струму під час запускання двигунів, робить можливим плавний пуск, а також гальмування двигунів. Також наведена схема забезпечує захист наявних двигунів від перевантаження.

Позитивним є можливість використання гідростанції з електричними гідророзподільвачами, що дозволяє відмовитись від ручних гідророзподільвачів та налагодити керування домкратами підйомних засобів за допомогою переносного пульта.

З'єднання гідростанції з деталями верстата виготовлені у вигляді гнучких рукавів високого тиску, що дає можливість встановити гідростанцію в зручному для виконання монтажу, експлуатації та ремонту місці. Варто відзначити також можливість застосування стандартних стандартних карданних валів у привідних механізмах.

Під час попереднього оброблення товщина видаленого шару повинна складати більше одного міліметра. Результатом попереднього оброблення є видалення дефектів на поверхні колеса.

Наступною технологічною операцією є встановлення колісної пари в горизонтальне положення для проведення процесу наплавлення.

2.2.3 Процес наплавлення

Особливістю процесу є застосування попереднього підігрівання при температурах 150 ... 250 °С та уповільненого охолодження коліс після наплавлення.

Основними вимогами до процесу наплавлення поверхонь коліс є забезпечення надійності та безаварійності їхньої експлуатації після виконання ремонту. Для цього потрібно отримати властивості напавленого металу, еквівалентними до властивостей колісної сталі.

Підвищення стійкості залізничних коліс до зносу та пошкодження поверхні є ключем до продовження їхнього терміну служби та зменшення потреб у перепрофілюванні. Це покращення мінімізує деградацію матеріалу, знижує вимоги до технічного обслуговування та зменшує ризики для безпеки.

Під час процесу наплавлення необхідно забезпечити однорідність конструкції і найменший рівень градієнту напружень у точках переходу напавленого матеріалу до основного.

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наплавлення поверхні кочення цільнокатаних коліс виконують шляхом дугового наплавлення порошковим електродним дротом діаметром 3 мм за допомогою комплексної установки РМ-9 (рис. 2.5). У якості додаткового середовища захисту наплавленого металу застосовується флюс АН60.

Процесу наплавлення піддається криволінійна поверхня колеса. Наплавлення виконують за допомогою установки А6S Arc Master фірми ESAB (рис.2.3), укомплектована джерелом живлення марки IDEALARC DC-1000 (рис.2.4). Для кругового обертання колісної пари в процесі наплавлення застосовуються двигуни на постійному струмі, потужністю біля 100 Вт.

Технологія відновлення суцільнокатаних вагонних коліс за допомогою наплавлення під шаром флюсу передбачає проведення процесу в горизонтальному положенні колісної пари. За цього колеса виконують обертові рухи та відбувається попереднє підігрівання металу до температури 180⁰С за допомогою індукційної установки (рис.2.11)

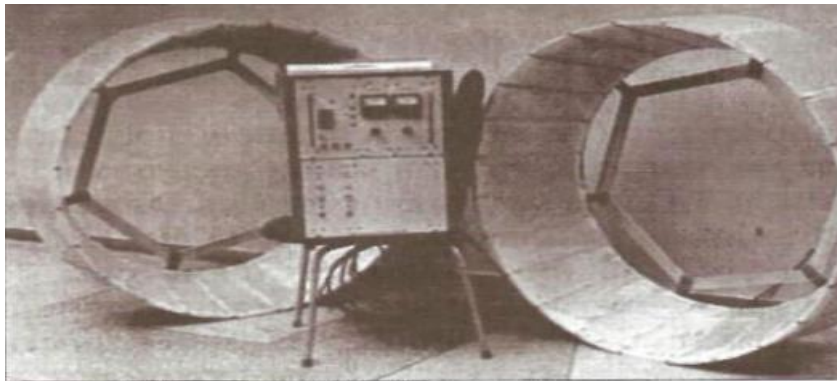


Рисунок 2.11 - Індукторна установка для нагрівання коліс

Нагрівання коліс також можна виконувати за допомогою індукційних котушок і пристроїв, які розташовуються навпроти обода колеса, що забезпечує низьку температуру диска і шийки осі та газового нагрівання на відкритому повітрі.

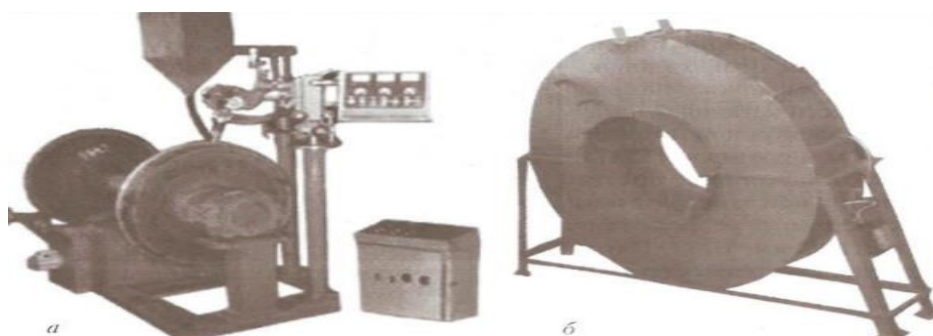
Особливістю процесу наплавлення є те, що розплавлений метал взаємодіє з навколишнім середовищем та зазнає змін, пов'язаних з випарюванням деяких його складників при дії високих температур, що сприяє утворенню хімічних сполук, які є нерозчинними у металі.

Такі зміни є характерними як для основного так і для додаткового металу. За цього додатковий присадний матеріал в процесі наплавлення нагрівається до вищих температур, у порівнянні з температурою у зварювальній ванні і має більшу контактну поверхню із навколишнім середовищем. Тому процеси взаємодії, що відбуваються за описаних умов, призводять до більших змін у складі додаткового металу, ніж основного. Цей змінений додатковий метал називається наплавленим металом.

Для металів під час дугового наплавлення спостерігається збільшення концентрації водню у рідкому металі.

Для виведення водню та запобігання утворення гартівних структур розроблювана технологія передбачає сповільнене остигання металу після наплавлення упродовж п'яти годин у спеціально підібраному термостаті з швидкістю близько 50°C за годину.

Процес наплавлення можна вважати завершеним після остигання конструкції до температури 50°C. Для регулювання температури в термостатах можна використовувати підігрівання повітря за допомогою електричних тенів (рис. 2.12 б).



А - процес нагрівання з індукційним нагріванням; б - термостат для регулювання температури коліс після процесу наплавлення.

Рисунок 2.12 - Схема процесу наплавлення.

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Результатом виконання проектних робіт є розроблення технологічних рекомендацій відновлення гребенів залізнодорожних коліс наведених у таблиці 2.12. рекомендації

Таблиця 2.12 - Технологічні рекомендації відновлення гребенів залізнодорожних коліс

Технологічна операція	Параметри	Результати
Очищення колісних пар	200	Чиста поверхня
Проведення дефектоскопії		Встановлення наявності дефектів
Механічне оброблення поверхонь перед наплавленням	Товщина шару $\geq 1,0$ мм	Видалення дефектів
Прожарювання флюсу	350 °С, 2 години	Зменшення вмісту водню в наплавлюваному металі
Прожарювання електродного дроту	250 °С, 2,5 години	Зменшення вмісту водню в наплавлюваному металі
Попередній підігрів ободу колеса	150 ... 250 °С	Підвищення тріщиностійкості наплавленого металу
Процес наплавлення		Отримання наплавленого шару
Уповільнене охолодження	35–40 °С за год.	Зниження рівня напружень, видалення водню
Механічне оброблення наплавлених поверхонь		Встановлення заданих геометричних розмірів
Контроль якості готового виробу		Встановлення відповідності виробу до нормативних документів

2.3 Вибір заходів боротьби із напруженнями

Деформації, що виникають під час нанесення шару металу – це зміни розмірів та форми виробу, що є супутнім процесом під час наплавлення. Вони спричиняються особливістю проходження термічних процесів, а також невідповідною технікою наплавлення.

Утворення теплових деформацій в процесі наплавлення можна віднести до одного з недоліків електродугового методу наплавлення. В даному випадку відбувається значне нагрівання поверхонь наплавлення.

Під час відновлення виробів за допомогою процесів наплавлення повністю припинити вплив залишкових деформацій та напружень не вдається. Цей вплив можна тільки знизити до найменших значень.

Наслідком впливу деформацій і залишкових напружень може бути змінена форма конструкції та невідповідність її геометричних розмірів, які потрібно приводити у відповідність до вимог нормативних документів. Відомі випадки коли під час експлуатації відновлених конструкцій залишкові напруження та деформації призводять до її втомного та крихкого руйнування.

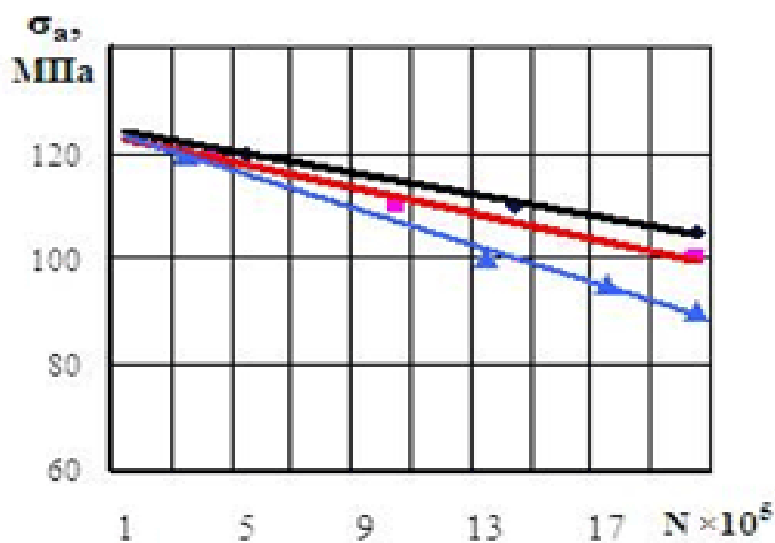
Залишкові напруження повністю не зникають навіть після охолодження виробу, у випадку якщо вони пов'язані пластичними деформаціями, рівень яких більший за межу плинності матеріалу деталі. Засобом для зниження напружень може бути релаксація.

Міроприємства щодо запобігання виникнення напружень можна розділити на дві основні групи. Перша група передбачає проведення операцій, що запобігають утворенню напружень і суттєво знижують їх вплив. Такі міроприємства передбачають: вибір раціонального способу наплавлення, забезпечення умов для оптимального теплового вкладення, встановлення правильних технологічних параметрів, досконалий вибір матеріалів для наплавлення, виконання контрольних заходів на всіх стадіях виконання процесу.

Деформації під час наплавленні є органічною частиною процесу. Для їхньої мінімізації, потрібно брати до уваги внутрішні напруження, теплові деформації, також налагодити раціональну техніку наплавлення. При появі деформацій потрібно застосовувати різні способи вирівнювання і оброблення деталей, але найкращим способом є запобігання їхньому виникненню.

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Причинам утворення тріщин у наплавлених поверхнях за циклічного навантаження вигином присвячено багато наукових робіт (рис.2.13). Встановлено, що у випадку застосування попереднього підігрівання і сповільненого охолодження після наплавлення з швидкістю 35–40 °С за годину, встановлюється досить висока опірність напавленого шару втомному руйнуванню. За цього критичні напруження руйнування майже в два рази перевищують найбільші напруження, які виникають в ободі колеса під час експлуатації ($\sigma_a \leq 55$ МПа).



1 – дріт Св-08ХМ; 2 – ПП-АН180МН/90; 3 – Св-08Г2С

Рисунок 2.13 - Циклічна довговічність наплавлених поверхонь:

Одною з причин утворення тріщин є наявність в матеріалі конструкції розчиненого водню. У міру спадання температури розчинений водень намагається відокремитись від розчину та потрапити на зовні. Він збирається в порожнинах охолодженого основного металу, а внапавленому шарі дифундує в сторону його поверхні. Накопичення водню у різноманітних нещільностях, призводить до збільшення крихкості металу, утворенню надлишкових внутрішніх напружень і пір, і появленню мікротріщин у відновлюваній деталі.

Тому при виконанні робіт важливою технологічною операцією є максимальне вилучення водню, кисню та азоту з наплавленого металу. Одним з способів зменшення наводнення металу під час його наплавлення є попереднє нагрівання деталі, а вмісту азоту і кисню за рахунок надійного захисту металу зварювальної ванни та ділянки горіння дуги.

В проєктованій нами технології запроектовано для виведення дефундованого водню, а також запобігання утворення гартівних структур передбачається сповільнене остигання металу після наплавлення упродовж п'яти годин у спеціально підібраному термостаті з швидкістю близько 50°C за годин, а також попереднє нагрівання конструкції перед наплавленням до 180°C.

Для надійного захисту шару розплавленого металу від дії навколишнього середовища технологія передбачає використання флюсу. Флюс є одним з найкращих способів захисту зварювальної ванни від попадання до неї шкідливих домішок.

2.4. Технічний контроль та виправлення браку

В процесі відновлення поверхні коліс проходять технічний контроль до та після процесу наплавлення. Це є необхідним як для забезпечення якості так і безпечної експлуатації відремонтованих коліс.

Перед процесом наплавлення проводять дефектоскопію та виявляють тріщини, і інші пошкодження, що можуть негативно вплинути на відновлення і кінечну якість конструкції.

Після завершення наплавлення проводять контроль на відповідність до геометричних розмірів, досліджують якість наплавленого шару наявність, чи відсутність різноманітних дефектів і відповідність до вимог нормативних документів.

Технічний контроль складається з таких видів.

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Візуальний огляд, під час якого оцінюється загальний стан коліс, наявність тріщин інших пошкоджень та якості наплавленого матеріалу. Візуальний огляд проводять після проведення наплавлення, охолодження та механічного оброблення.
2. Вимірювання – встановлення відхилень від заданих геометричних розмірів колеса, товщини наплавленого матеріалу тощо.
3. Дефектоскопія – використання способів неруйнівного контролю таких як магнітний та ультразвуковий для встановлення прихованих дефектних пошкоджень
4. Випробовування – встановлення показників якості за допомогою навантажень, в тому числі міцності і надійності

За результатами проведеного технічного контролю роблять висновок про безпечність подальшої експлуатації суцільнокатаного колеса.

2.4.1 Дефекти, які виникають при наплавленні конструкції

Питання якості та надійності отриманих відновних поверхонь тісно пов'язані з проблематикою вивчення причин виникнення дефектів та розроблення способів їхнього попередження. Під час проведення процесу наплавлення досить часто необхідно виявляти причини і види дефектів та встановлювати шляхи їхнього усунення. Тріщини, підрізи, міхури, підрізи є основними видами дефектів, що виникають в процесі наплавлення.

Одним з серйозних дефектів конструкцій при наплавленні є утворення тріщин. Зокрема гарячі тріщини виникають при охолодженні наплавленого металу. Гарячі тріщини це окремі міжкристалічні руйнування, що виникають осадження, які утворюються під час тверднення металу.

Основними причинами, які викликають утворення гарячих тріщин є вид первинної кристалізації під час затвердіння розплавленого металу зварної

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ванни і високий вміст у металі легкоплавких домішок, які ліквують вздовж границі кристалів

2.4.2 Магнітні методи контролю

Методи магнітного контролю побудовані на візуальному реєструванні магнітного поля розсіювання, що виникає за наявності дефектів. Магнітні поля розсіювання на ділянках, що мають дефекти можна виявити шляхом використання феромагнітного порошку, який розміщується на краях дефектів.

Для реалізації магнітопорошкового методу контролю виконують наступні технологічні операції.

1. Готують колісну пару до контролю – проводять її очищення.
2. Виконують намагнічування колісної пари.
3. Наносять на поверхню конструкції магнітний порошок або суспензію.
4. Проводять огляд поверхні обладнання.
5. Виконують бракування.
6. Розмагнічують об'єкт контролю.

Магнітний порошок на контролювану поверхню наносять мокрим або сухим способами. Для сухого методу контролю використовують магнітний порошок - ПЖБМ, а для мокрого магнітну суспензію.

Для дослідження колісних пар у змінному магнітному полі використовують прилади солейдного типу – мобільні ДГЕ, ДКМ-1, ДГС-М та встановлені стаціонарно - ОД1-1 і ДГН, оснащені роз'ємним солейдом.

2.4.3 Ультразвукові методи контролю

Ультразвукові способи контролю відносяться до неруйнівних. Вони побудовані на здатності ультразвукових хвиль змінювати траєкторію свого

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

руху, при натраплянні на неоднорідності в середовищі, де можуть розповсюджуватися або поглинатися.

Як випромінювальник і приймач ультразвукових коливань використовують п'єзоелементи, виготовлені з цирконата титана свинцю або титана барія, що можуть перетворювати підведену до них електричну напругу в механічні коливання. Механічні коливання передаються на вісь, яка підлягає контрольним заходам. Для виконання контролю поверхонь коліс використовують площинні та призматичні шукачі.

Для проведення контролю якості стану залізнодорожних коліс застосовують наступні технологічні способи.

1. Проведення наскрізного контролю за допомогою поздовжніх ультразвукових хвиль.
2. Контроль за допомогою поздовжніх хвиль, які вводять з нахилом шукачем, який нахиляється на невеликий кут падіння, близько шести градусів.
3. Контроль за допомогою поперечних хвиль, які введені з нахилом шукачем, під кутом в діапазоні – 37 – 40 градусів.

Для оцінки якості напавлення гребенів коліс використовується спочатку візуальний зовнішній огляд, а потім застосовується ультразвукова дефектоскопія.

Ультразвукову дефектоскопію напавленого шару виконують за допомогою приладу УД2-12 (рис.2.12), оснащеного похилим перетворювачем 11121-1-2,5-40, що має кут вводу 40° С і частоту 2,5 МГц.

До напавленої поверхні висуваються наступні вимоги.

1. Недопустимими дефектами є – гарячі та холодні тріщини, а також подрізи.
2. Навари, утворені на поверхні покриття потрібно зачистити шліфувальним пристроєм.

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

3. Товщина шару наплавленого гребеня перед обточуванням повинна бути достатньою для формування профілю колеса під час зрізання шару металу з поверхні кочення – не більше двох міліметрів.
4. Товщина наплавленого металу гребеня після виконання обточування, контролюється за допомогою шаблонів. Значення висоти гребеня після відновлення повинно відповідати нормативним документам



Рисунок 2.14 - Прилад для ультразвукового контролю УД2-12

Основні технічні характеристики ультразвукового дефектоскопа УД2-12 наведені в таблиці 2.13

Таблиця 2.13 Технічні характеристики ультразвукового дефектоскопа УД2-12

Технічні характеристики	Одиниці	Значення
Номінальні частоти	МГц	0,62; 1,25;
Тривалість розгортки	ms	15...1500
Абсолютна чутливість на частоті 1,25МГц, щонайм.	dB	100
Динамічний діапазон ВРЧ, щонайменше	dB	40
Роміри	мм	170 x280 x 350
Маса з акумуляторною батареєю	кг	8,4

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Планування дільниці для наплавлення

Дільниця для наплавлення поверхонь залізничних коліс це окремий виробничий підрозділ, основною функцією якого є відновленням зношених залізничних коліс для продовження їхнього експлуатаційного ресурсу та зменшення витрат на їхню заміну.

Дільниця є важливою ланкою в системі ремонту та обслуговування транспорту гірничо-збагачувальних підприємств та дозволяє підтримувативесь рухомий склад в робочому стані.

На території дільниці виконують роботи зі зварювання пошкоджених елементів конструкцій, заварювання тріщин, відновлення зношених поверхонь залізнодорожних коліс та інших деталей, а також зварювальні і наплавлювальні роботи пов'язані з потребами підприємства.

Структура наплавлювальної дільниці, комплектація обладнанням, кількість працюючого персоналу визначається специфікою деталей, що потребують відновлення зношених поверхонь, характером дефектів, особливістю технологічного процесу тощо.

Планування та компоновання дільниці для наплавлення гребенів залізнодорожних коліс передбачає низку заходів, які потрібно виконати для створення оптимальних технологічних ланцюгів для ефективного функціонування відновлювального виробництва.

Основним принципом компоновання дільниці для наплавлення є координація напрямку руху заготовок та виробів з особливостями виробничого процесу. Для правильного проктування потрібно враховувати черговість технологічних операцій та особливості або специфіку роботи основного та допооміжного обладнання.

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Перед проведенням дефектоскопії коліс потрібно виконати їхнє ретельне очищення від бруду. Для цього на підприємстві передбачено відділення для підготовки деталей до наплавлення, відповідно обладнане для виконання цього завдання. Колісні пари по встановленій колії подаються у розміщену поза виробничим приміщенням мийну машину, де відбувається видалення різноманих забруднень. Після очищення колісні пари пари козловим краном завантажуються на спеціальний візок і направляються на дільницю для виконання подальших операцій

Дефектоскопія коліс відбувається до процесу наплавлення та після його виконання. Необхідні дослідження конструкцій та матеріалів за допомогою ультразвукових та магнітопорошкових методів проводяться на місці їхнього розташування та в спеціалізованій лабораторії, приміщення якої входить до виробничого комплексу підприємства. За результатами проведеної дефектоскопії роблять висновки про необхідний обсяг виконання ремонтних робіт.

Наступною технологічною операцією є механічна обробка зношеної поверхні коліс для усунення дефектів та шкідливих накопичень, які можуть негативно впливати на процес наплавлення знижуючи його якість та надійність. Для виконання операції обточування поверхні коліс в проекті передбачено колесотокарний верстат марки ВТУ (рис.2.8).

Верстати цієї серії є засобами для технологічного оснащення механічних ділянок для ремонту рухомого складу. На механічній ділянці відбувається оброблень поверхонь коліс відповідно до їхніх нормативних геометричних розмірів, як до так і після проведення процесу наплавлення.

Відділення наплавлення відносяться до категорій теплових. Приміщення, в яких вони знаходяться повинні відповідати санітарним та іншим номативним вимогам що висуваються до такого типу будівель.

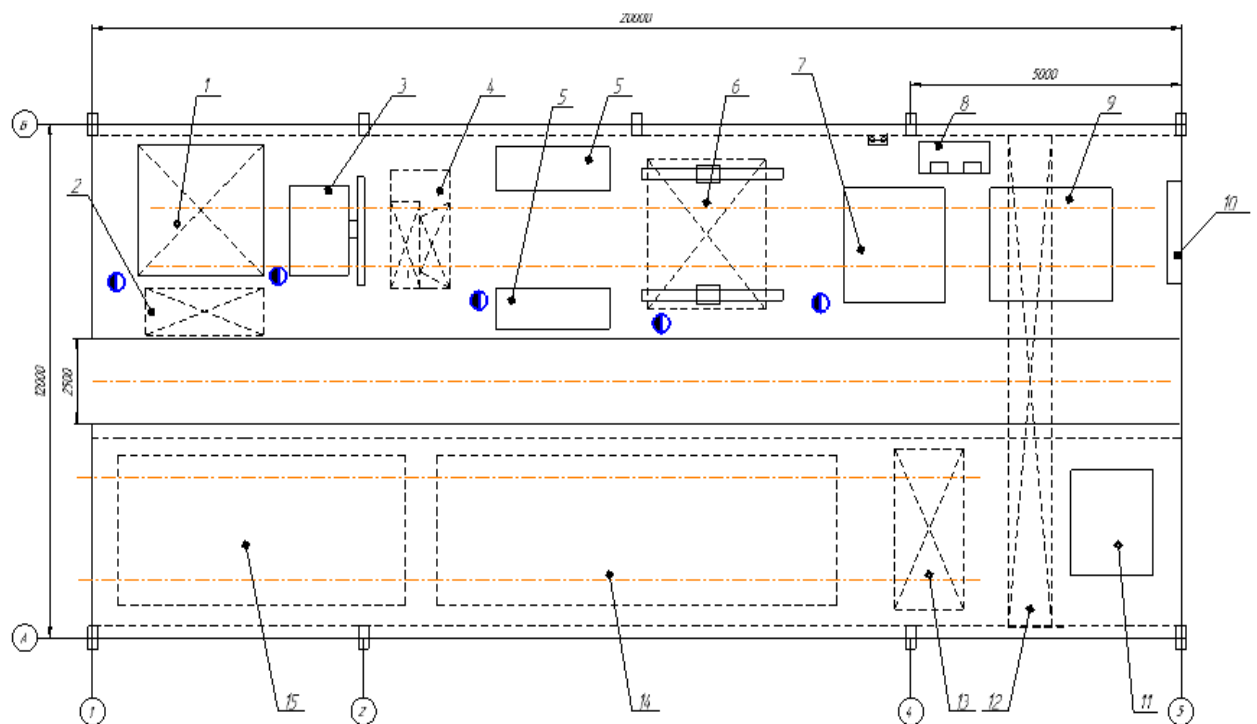
Заборонено розміщати в одному прольоті зварювально-наплавлювальні, та непрофільні ділянки. В багатопрольотних приміщеннях такі ділянки відділяють від незварювальних спеціальними ширмами – щитами.

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робочі місця для зварників, операторів, технічних працівників повинні бути розміщені у відповідності до плинучого технологічного процесу відновлення.

Пости для зварювання штучними електродами - стержнями зазвичай розміщують біля глухої стіни. Навколо них роблять огорожу з металевих щитів у вигляді окремих кабін.

Ділянки для газополуменевої обробки деталей розміщують також само , але огорожа в даному випадку не є обов'язковою.



1 – склад зношених колісних пар; 2 – площадка для проведення дефектоскопії; 3 – верстат для обточування коліс; 4 – пристрій для попереднього нагрівання; 5 – ємності для флюсу; 6 – площадка для процесу наплавлення; 7 – термокамера для охолодження; 8 – зона проведення контрольних заходів; 9 – токарний станок; 10 – пожежна щитова; 11 – кімната майстра; 12 – мостовий кран; 13 – площадка для контролю якості; 14 – склад готових колісних пар; 15 – зона відвантаження.

Рисунок 3.1 – Схема планування зварювальної ділянки

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Устаткування та робочі місця для механізованих видів зварювання та наплавлення росташовують впродовж стін з наявним природним освітленням.

Результатом позитивного планування є високий рівень механізації та автоматизації основних та допоміжних зварювальних процесів, їхня ефективність, а також економічні показники виробництва.

3.2 Розроблення апарату для механічної обробки поверхонь коліс

Особливості процесів наплавлення заключаються в тому, що їхня якість надійність і ефективність на пряму залежать від стану підготовки поверхні перед початком процесу.

На поверхні деталі, що постуває для відновлення завжди є шар, у якому містяться різноманітні дефекти в кристалічній структурі, спричинені експлуатацією виробу до наплавлення.

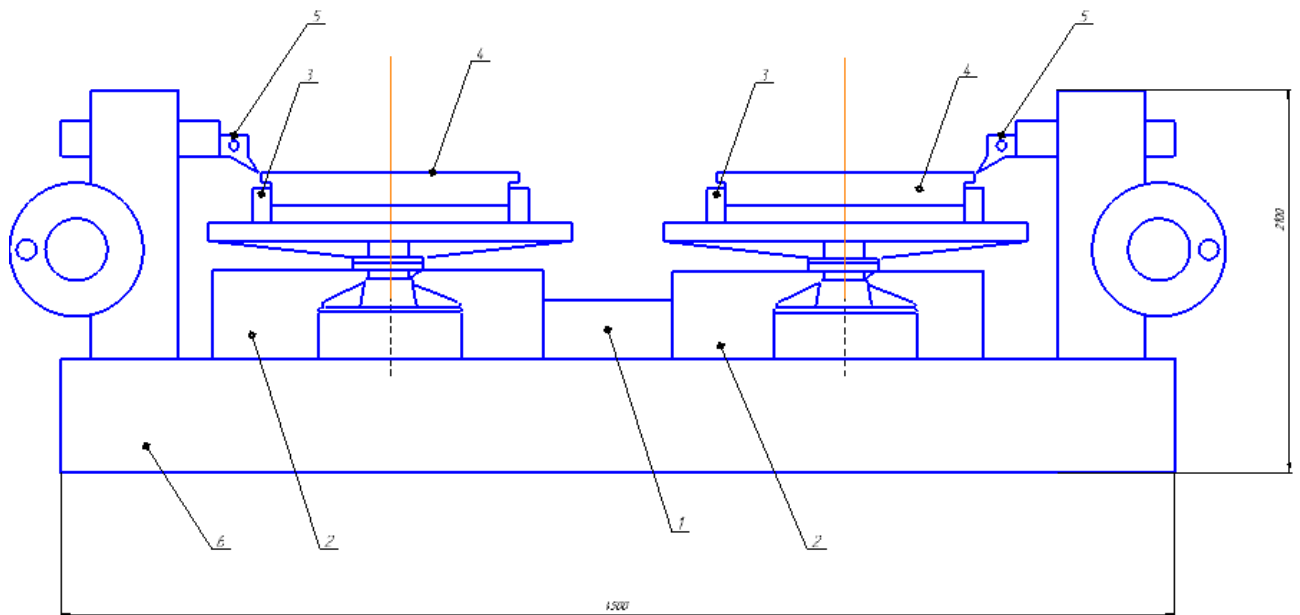
Цей шар має негативний вплив на механічні характеристики деталі, а саме втомлювану міцність наплавлених деталей. Він в своєму складі вміщає концентратори напружень, які зменшують міцність з'єднання наплавленого шару з основним матеріалом, та роблять гіршими характеристики поверхні тощо.

Тому при розробленні технологічного процесу наплавлення необхідно передбачити, операції, які зменшують експлуатаційну спадковість деталей та усунути дефектний шар, а разом з ним забруднення, продукти корозії, видалення тощо.

Для виконання процесу обточування поверхні коліс, що усувають дефектний шар у багатьох випадках використовується колесотокарний верстат марки ВТУ (рис.2.8). Верстат є засобом технологічного оснащення ділянок для ремонту рухомого складу і призначений для виконання процесу обточування поверхонь коліс.

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Верстат відрізняється надійною роботою, разом з тим він має складну та громіздку конструкцію і застосовується для коліс певних розмірів та в складі колісної пари. Тому ми розробили нову конструкцію апарату для обточування коліс (рис. 3.2).



1 – двигун; 2 - редуктор; 3 - патрон; 4 - заготовка; 5 - різець; 6 - станина

Рисунок 3.2 - Апарат для обточування поверхонь коліс

Апарат відрізняється простою конструкцією та складається з двигуна 1, редуктора 2, патрона для закріплення заготовок 3, різця 4, розміщених на станині 6.

Особливістю роботи пристрою в тому, що колеса можна окремо обточувати в горизонтальному положенні. За цього крім залізнодорожних коліс на апараті можна обточувати колеса кранів, трамваїв тощо.

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Завдання охорони праці

Одним з ключових завдань сучасного промислового виробництва є створення для персоналу безпечних умов праці. Безпечні умови праці мають, як соціальний так і економічний аспекти. Зокрема зменшуються витрати на лікування професійних хвороб, отриманих на виробництві травм та покращується стабільність кадрового складу. Спеціалісти мають бажання працювати на такому підприємстві.

У даному проекті розроблено технологію наплавлення поверхонь залізничних коліс дуговим способом за допомогою порошкового дроту. Основними завданнями охорони праці та навколишнього середовища для впровадження розробленої технології є:

- обмеження викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище;
- надійний захист зварників, від частинок розплавленого металу, іскор, гарячого шлаку тощо;
- забезпечення електричної та пожежної безпеки;
- захист від різноманітних випромінювань спричинених дією електричної дуги;
- встановлення в приміщеннях оптимальних режимів мікроклімату та освітлення.

4.2 Техніка безпеки при роботі з машинами та механізмами

Вагомими шкідливими чинниками при наплавленні за допомогою порошкового дроту є загазованість та запиленість робочого поста. Під час проходження процесу наплавлення в зону дихання зварника можуть

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

поступати аерозолі, які знаходяться у складі оксидів металів та токсичні гази.

Концентрація таких шкідливих включень залежить від марки матеріалу і присадкового дроту. Кількість озону що за цього утворюється може перевищувати нормативні значення у декілька разів. Тому при реалізації технологічного процесу необхідно стан атмосферного повітря підтримувати в діапазонах, відповідно до норм зазначених в ДСТ12.1.005–88ССБТ.

У таблиці 4.1. приведені допустимі норми вмісту шкідливих речовин і клас небезпеки для процесу наплавлення.

Таблиця 4.1 – Граничні кількості небезпечних речовин та клас небезпеки

Небезпечні речовини	Допустимі норми Кг/м ³	Клас небезпеки
Двоокис азоту	2,0	2
Озон	0,1	1
Оксид вуглецю	20,0	4
Нікель	0,05	1
Марганець	0,2	1

Для підтримання належного стану повітря у приміщеннях, необхідно встановити локальний витяжний пристрій, виведений до окремої витяжної системи що сягає вище даху будови. Витрату повітря, у відповідності до проведення технологічного процесу можна регулювати шляхом встановлення шиберу на трубопровод. що видаляється.

Таким чином основну кількість шкідливих речовин можна видалити за допомогою місцевих локальних механізмів, а ті що залишились можна локалізувати за допомогою дії загальної вентиляції.

Для захисту частин тіла від попадання розплавленого металу зварники зобов'язані користуватися спеціальним одягом, виготовленим з полегшеного

бризенту, оснащеного захисними накладками. Для захисту під час налаштування зварювального обладнання, встановлення параметрів процесу зварник повинен використовувати спеціальний щиток, що виготовлений за нормами ДСТ 1361 – 89.

Місце розташування обладнання потрібно обгородити виключення усунення можливості попадання випромінювання на інші робочі місця в цеху.

Досить небезпечними випадками для працівників підприємства є враження електричним струмом. Основними причинами, що цьому сприяють є торкання відкритих струмопровідних елементів обладнання та пристроїв, дротів, а також деталей, які виявилися під дією електричного струму через пошкодження ізоляції або через вплив інших причин.

Тому у відповідності до положень нормативних документів для безпечної роботи необхідно:

- виконати заземлення струмоведучих елементів, які випадково опинилися під напругою;
- захисне заземлення повинно складати - $R_3 < 0,4 \text{ Ом}$.

Для персонального захисту працівників потрібно застосовувати – гумовий коврик, ізольований інструмент, діелектричні рукавиці.

4.3 Завдання пожежної безпеки

Відповідно до нормативних документів виробничі приміщення на предмет пожежної безпеки відносяться до категорії - Г. Категорія Г включає негорючі речовини та матеріали в розплавленому стані. Тому вимоги до стану приміщень, технологічного обладнання та проведення процесів повинні відповідати вимогам до встановленої категорії.

Для захисту приміщень від удару блискавки потрібно встановити стрижневі відводи.

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

ВИСНОВКИ

За результатами виконання бакалаврської роботи розроблено технологічний процес наплавлення коліс для транспорту гірничо-збагачувальних підприємств. Особливостями процесу є застосування попереднього підігрівання при температурах 150 ... 250 °С та уповільненого охолодження коліс після наплавлення, а механічна обробка поверхонь коліс виконується до і після наплавлення. Процес наплавлення відбувається під шаром флюсу. У якості матеріалу для наплавлення використано порошковий дріт ПП-АН180МН/98. Для реалізації технологічного процесу підібрано основне та допоміжне обладнання, завдяки якому основні технологічні операції механізовано та автоматизовано. Відновлені за розробленою технологією залізнодорожні колеса можуть експлуатуватися при вищих навантаженнях на вісь до - 27,5 тон та швидкості рухомого складу до 150 кілометрів.

Впровадження розробленого технологічного для відновлення зношених поверхонь призведе до підвищення ефективності залізничного рухомого складу підприємств гірничо-видобувного комплексу та зменшення потреби в придбанні нових колісних пар.

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

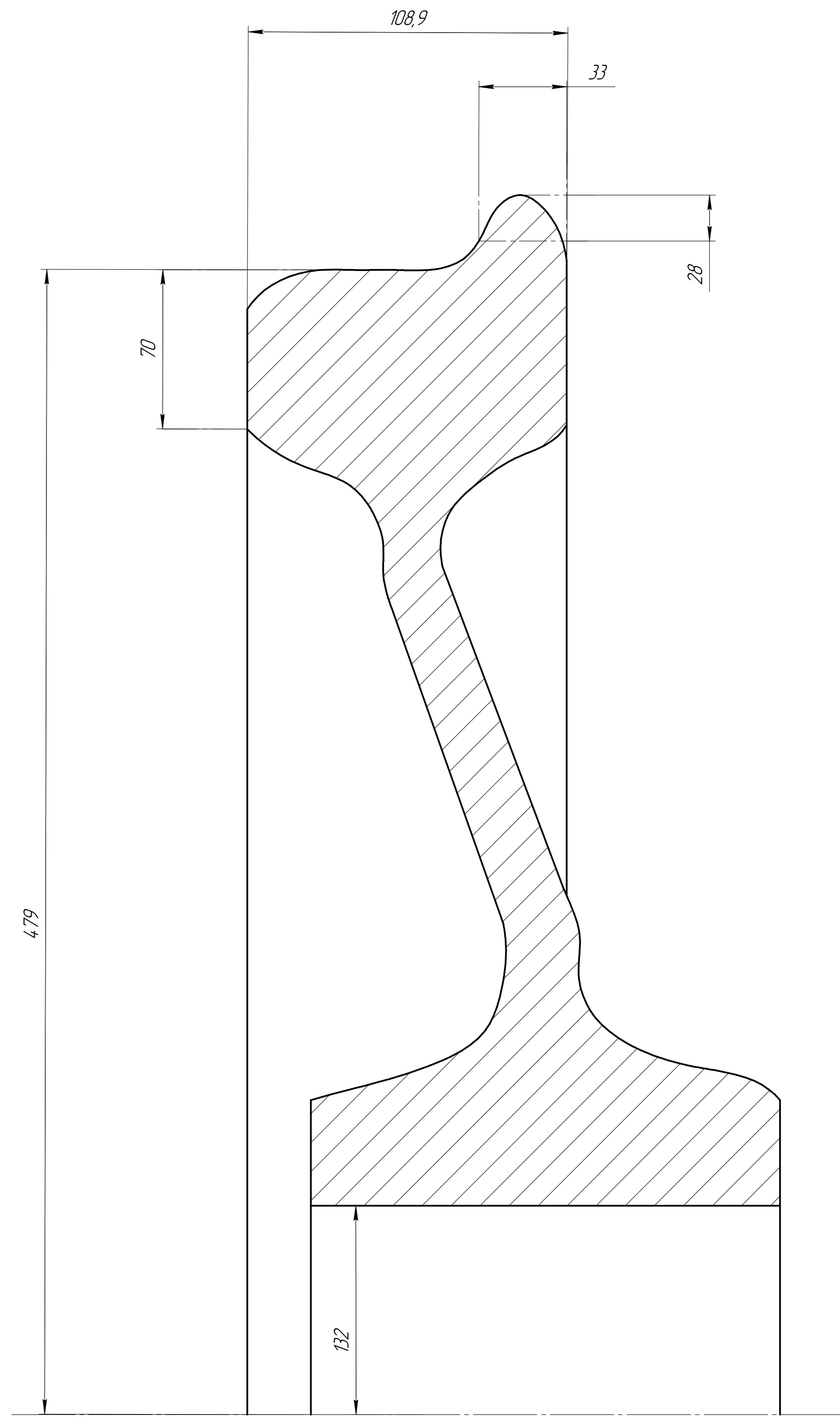
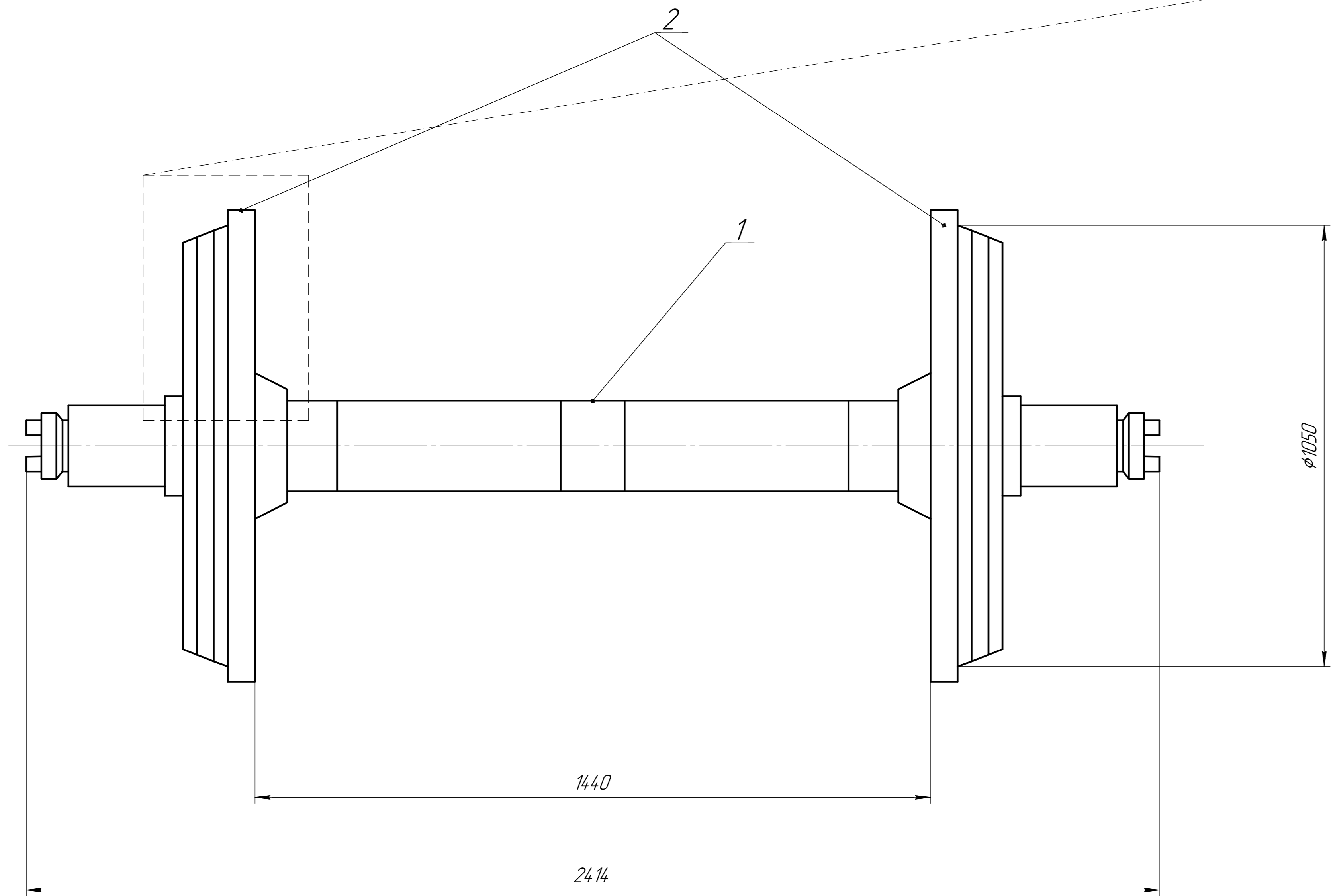
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Андрейко І. М. Вплив термічної обробки на міцність і циклічну тріщиностійкість сталей для залізничних коліс / І. М. Андрейко, В.В Кулик, О.П. Осташ // *Машинознавство*. – 2006. – №3. – С. 21 – 27
2. Шаблій О. Технологічні особливості відновлення спрацьованих залізничних коліс / Шаблій О., Пулька Ч., Король О., Сенчишин В. // *Вісник ТДТУ*. — 2010. — Том 15. — № 2. — С. 101-110. — (машинобудування, автоматизація виробництва та процеси механічної обробки).
3. Шаблій О.М. Спосіб відновлення спрацьованих сталевих деталей [Текст] / О.М. Шаблій, Ч.В. Пулька, І.І. Стойко, О.І. Король // Патент на корисну модель №45731 – №u200905443; заявл. 29.05.09; опубл. 25.11.09, Бюл. №22.
4. Ye, Y., Qi, Y., Shi, D., Sun, Y., Zhou, Y. & Hecht, M. (2020). Rotary-scaling fine-tuning (RSFT) method for optimizing railway wheel profiles and its application to a locomotive. *Railway Engineering Science*. 28, 160–183. URL.: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40534-020-00212-z>
5. Панчук М. В., Панчук А.М Статистичні методи та управління ризиками у зварюванні: конспект лекцій. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2025. – 59 с.
6. Бахман, С. О., & Мельничук, П. П. (2024). Технології та технологічні процеси відновлення профілю кочення залізничних колісних пар, шляхи підвищення ефективності. *Технічна інженерія*, (1(93)), 10–23. [https://doi.org/10.26642/ten-2024-1\(93\)-10-23](https://doi.org/10.26642/ten-2024-1(93)-10-23)
7. Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Г.О. Кривов, К.О. Зворикін. – К. КВІЦ, 2012. – 896с
8. Гайворонський О.А. Умови забезпечення якості відновлених наплавленям залізничних коліс / О.А. Гайворонський // *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. Наука та прогрес транспорту*. – 2016. – № 5 (65). – С. 136–151

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

9. Панчук М.В. Зварювання плавленням : конспект лекцій / М. В. Панчук. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 20
10. Гайворонський О.А. Технологія відновлення залізничних коліс дуговим наплавленням / О.А. Гайворонський // Технологія конструкційних та функціональних матеріалів. – 2019. – 147 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://files.nas.gov.ua/NASDevelopmentsBook/PDF/2019/0919.pdf>.
11. Андрійко І. Дослідження пошкоджуваності поверхні кочення залізничних коліс / І.Андрійко, В.Кулик, В.Прокопець // Машинознавство. – 2011. – № 1–2. – С. 32–36.
12. Шлапак Л. С., Панчук М. В., Матвієнків О.М., Біщак Р.Т., Сем'яник І. М. Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи бакалавра за професійним спрямуванням «Зварювання». – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021 – 60с.
13. ДСТУ ISO 4063:2014. Зварювання та споріднені процеси. Перелік і умовні позначення процесів.
14. Інструкція з формування, ремонту й утримання колісних пар тягового рухомого складу залізниць України колії 1520 мм. Відомчий нормативний документ 32.0.07.001.2001 (нова редакція). Київ: Державна адміністрація залізничного транспорту України. Укрзалізниця, 2011. 168 с.
15. Правила технічного обслуговування, ремонту та формування колісних пар вантажних вагонів СТП 04- 001:2015, затверджених наказом Державної адміністрації залізничного транспорту України від 11.11.2015 № 483-Ц. К.: Державна адміністрація залізничного транспорту України, 2015.

					КРБ. ЗТ - 99. 00. 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59



1-Вісь; 2-Колеса;

					КРБ 3Т-99.00.00.000			
Зм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Колісна пара	Лит.	Маса	Масштаб
Розроб.	Нестерук Б.					Н		15
Перев.	Почук М.В.				Лист	Листів	1	
Т.контр.					ІФНТЧНГ			
Н.контр.	Матвієнко ОМ				3Т-21-1			
Затв.	Андрусак А				Формат А1			

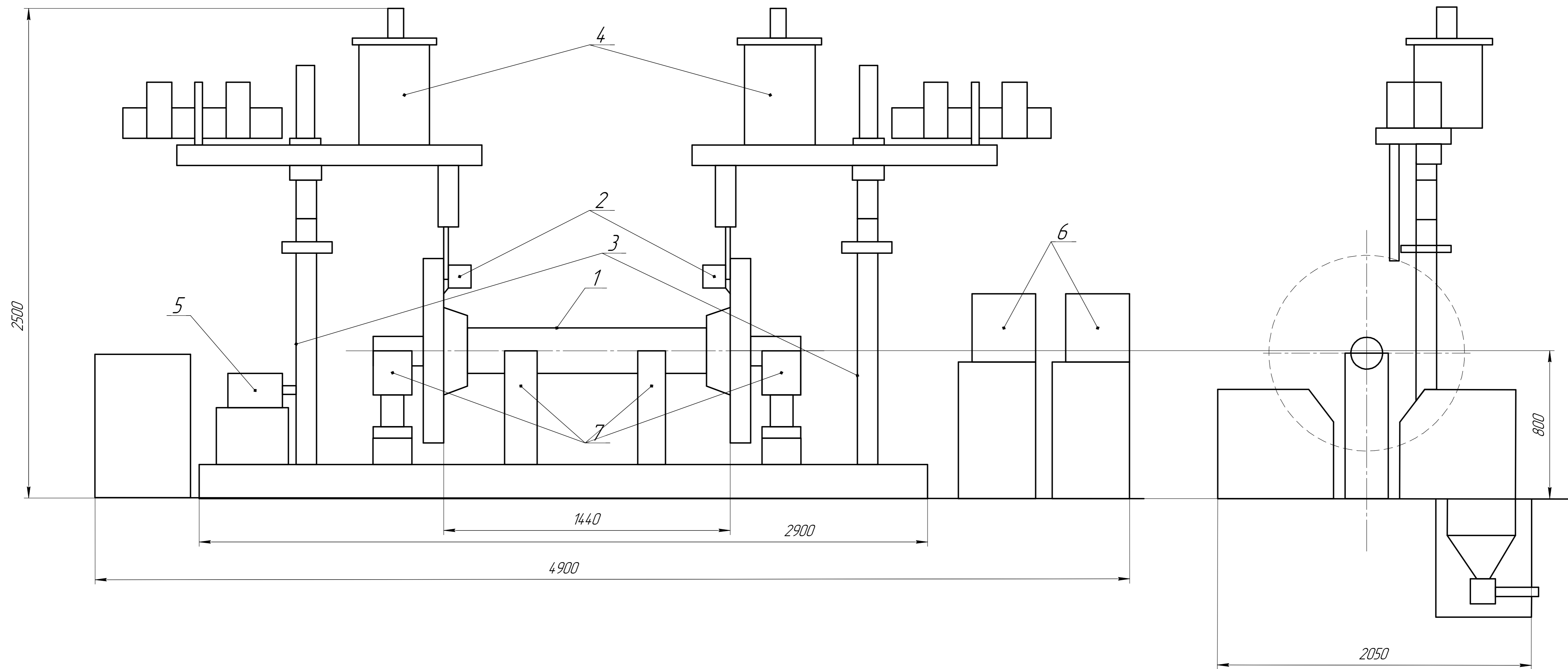
Заготівельні операції

Операції		Розмітка	Точіння		Очищення	Обробка крамок	Термічна обробка	Механічна обробка	Контроль
Деталь									
					Механічний інструмент для очищення		Зварювальний апарат А6S Arc Master фірми ESAB		вимірвальний інструмент, шаблони

Складально-зварювальні операції

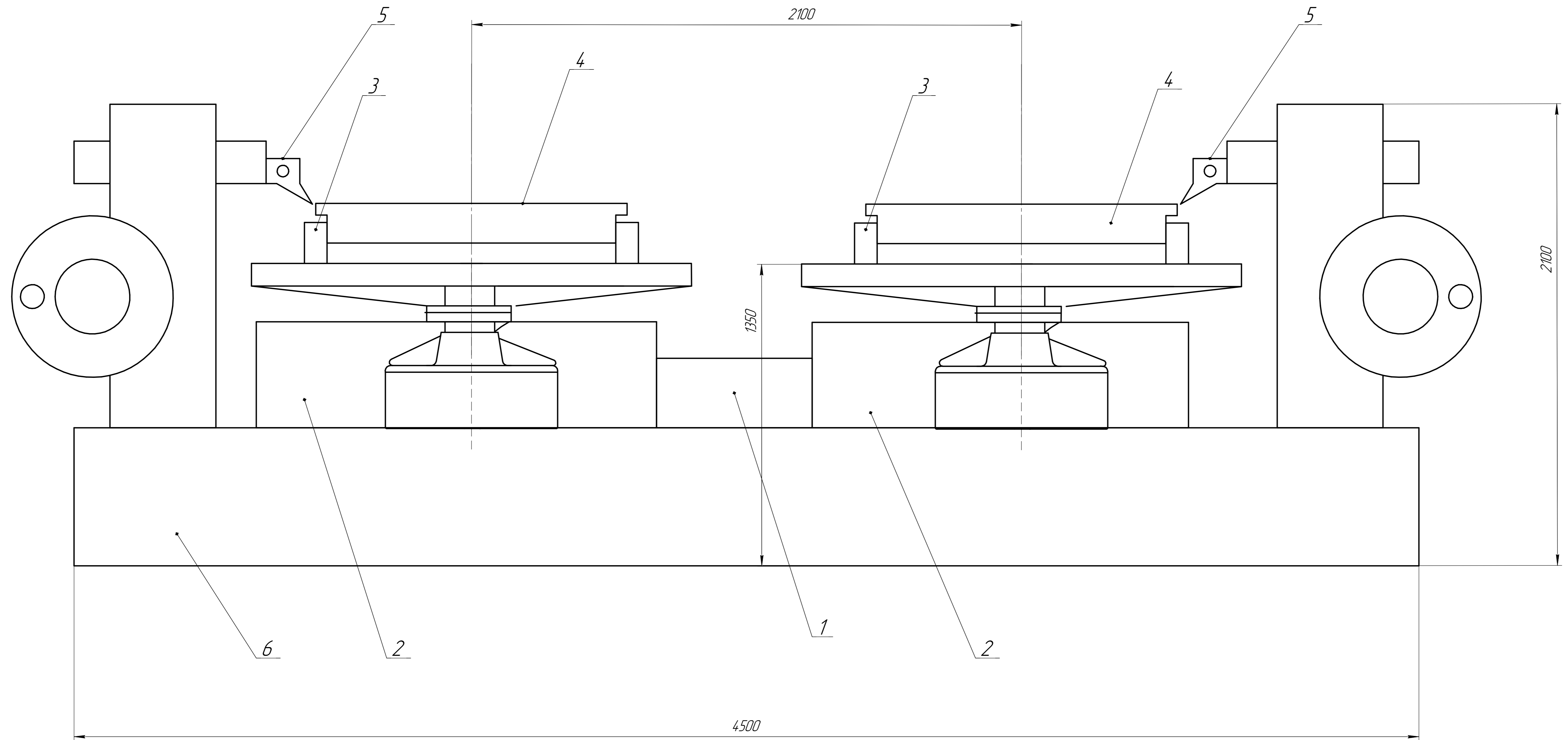
1 Очищення колісних пар	2 Проведення дифектоскопії	3 Механічне оброблення поверхонь	4 Прожарювання флюсу	5 Прожарювання електроду
6 Попередній підігрів ободу колеса	7 Процес наплавлення	8 Уповільнене охолодження	9 Повторне механічне оброблення	10 Контроль якості

КРБ.ЗТ-99.00.00.000				
Зм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата
Розроб.	Нестерук Б.			
Перев.	Панчук М.В.			
Т.контр.				
Н.контр.	Матвієнко О.М.			
	Андрійсяк А.			
Схема технологічного процесу				
Лист	Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб
Н				15
Лист	Листів	Листів	Листів	Листів
				1
ІФНТЧНГ				
ЗТ-21-1				
Формат А1				



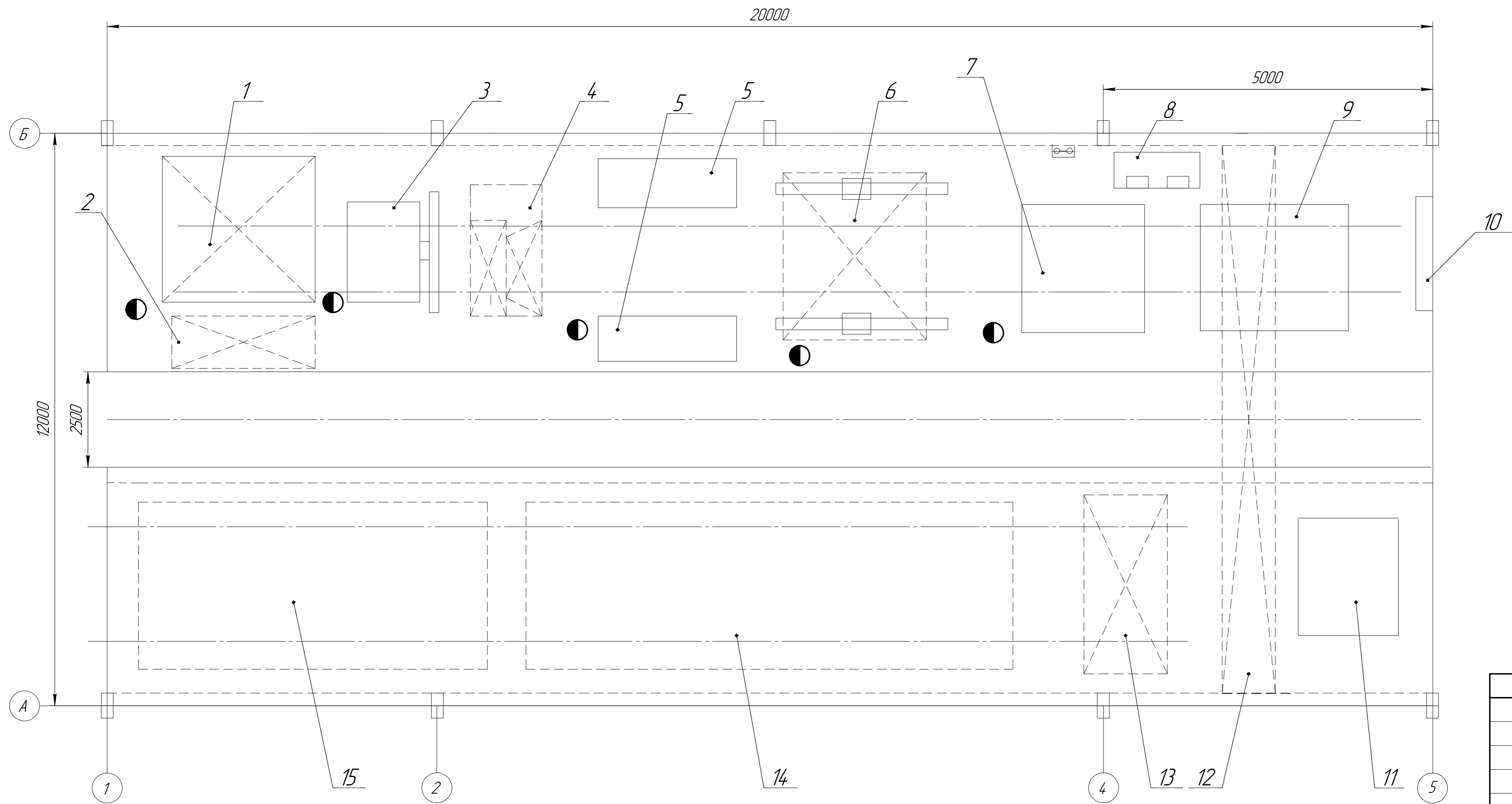
1-колісна пара; 2-зварні головки; 3-колони; 4-ємності для флюсу; 5-електро двигун; 6-Зварні апарати;

					КРБ. 3Т- 99.00.00.000		
Зм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Стенд для наплавлення зношених поверхонь		
Розроб.	Левев	Нестерук Б.			Лит.	Маса	Масштаб
Т.контр.		Почук М.В.			Н		1:5
Н.контр.		Матвієнко О.М.			Лист	Листів	1
		Андрусак А.			ІФНТУНГ 3Т-21-1		
					Формат А1		



Позначення	Найменування
1	Двигун
2	Редуктор
3	Патрон
4	Заготовка
5	Різець
6	Станина

					КРБ.ЗТ-99.00.00.000			
Зм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Установка для механічної обробки поверхні коліс	Лит.	Маса	Масштаб
Розроб.	Нестерук Б					Н		1:5
Перев.	Панчук М.В.				Лист	Листів	1	
Т.контр.					ІФНТУНГ			
Н.контр.	Матвієнко ОМ				ЗТ-21-1			
	Андрусак А				Формат А1			



Позиції	Найменування
1	Склад зношених колісних пар
2	Площадка для проведення дифектоскопії
3	Верстат для обточування коліс
4	Апарат для попереднього нагрівання
5	Ємності для флюсу
6	Площадка для наплавлення металу
7	Термо камера для охолодження
8	Зона контролю температур
9	Токарний станок для фінальної механічної обробки
10	Пожезна щитова
11	Кімната майстра
12	Мостовий кран
13	Площадка для контролю якості
14	Склад готових колісних пар
15	Зона відвантаження

КРБ. 3Т- 99.00.00.000					
Зм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Схеми складально-зварювальної дільниці Лист Листів 1
Розроб.	Нестерук Б.				
Перев.	Почук М.В.				ІФНТЧНГ 3Т-21-1 Формат А1
Н.контр.	Матвієнко О.М.				
		Андрусак А.			

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Нестерук Богдан

Співавтор:

Назва: 2025_Нестерук Б.В._ІАБ_КБ_ЗТ-21-1

Науковий керівник: Панчук М.В.

Підрозділ: Каф. ЗВ

Коефіцієнт подібності 1: 11.4%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 14

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-06-19 06:08:19.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

Дата

експерт