

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Приладобудівний факультет
Прилади і системи неруйнівного контролю**

До захисту допущено:
Завідувач кафедри

—
_____Анатолій ПРОТАСОВ
«__»_____2021 р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та
технології неруйнівного контролю і діагностики»
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»
на тему: «Ферозондовий дефектоскоп»**

Виконавля:

студентка IV курсу, групи ПК-71

Ванджура Анна Русланівна _____

Керівник:

Професор, д.т.н., професор,

Куц Юрій Васильович _____

Консультант з складального креслення:

Ст. викладач, к.т.н., доцент,

Богдан Галина Анатоліївна _____

Рецензент:

Доцент, к.т.н., доцент

Добролюбова Марина Валеріївна _____

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2021 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Ф ор ма т	Найменування	Позначення	Кіл ькі сть ли стів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ПК 71.030000.000ПЗ	Пояснювальна записка		
3	A3	ПК 71.030000.000Е1	Структурна схема	1	
4	A3	ПК 71.030000.000Е2	Функціональна схема	1	
5	A1	ПК 71.030000.000Е3	Електрична принципова схема	1	
6	A1	ПК 71.030000.000 СК	Складальний креслений	1	

				ПК 71.030000.000ПЗ		
	ПІБ	Підп	Дата			
Розробник	Ванджура А.Р.			Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Керівник	Куц Ю.В.				1	1
Консульт.	Богдан Г.А.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ПСНК Гр. ПК-71	
Консульт.	Баженов В.Г.					
Н/контр.						
Зав. Каф.	Протасов А. Г.					

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Ферозондовий дефектоскоп »

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Приладобудівний факультет

Прилади і системи неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології неруйнівного контролю і діагностики»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Анатолій ПРОТАСОВ

« ___ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Ванджурі Анні Русланівні

1. Тема проєкту «Ферозондовий дефектоскоп», керівник проєкту Куц Юрій Васильович, професор затверджені наказом по університету від «26»_травня_ 2021 р. №_1347-с_
2. Термін подання студентом проєкту _____
3. Вихідні дані до проєкту: матеріал ОК - мартенівська сталь, тип дефекту: тріщина, глибина 4 мм, неоднорідність магнітного поля – 50 А/м, вхідна напруга – 1 мВ;
4. Зміст пояснювальної записки:
 - 1) аналітичний огляд;
 - 2) розрахункова частина;
 - 3) розробка функціональної схеми;
 - 4) розрахунок принципової схеми;

- 5) висновок;
- 6) список літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): структурна схема, функціональна схема, електрична принципова схема, складальний кресленик.

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Складальний кресленик	Богдан Г. А.		
Електрична схема	Баженов В.Г.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз особливостей об'єкта контролю	01.04.2021-16.05.2021	
2	Обґрунтування вибору ферозондового методу контролю	10.05.2021-20.05.2021	
3	Постановка завдання	14.05.2021-20.05.2021	
4	Вибір структурної схеми	20.05.2021-28.05.2021	
5	Розрахунок всіх елементів	20.05.2021-01.06.2021	
6	Проектування дефектоскопа	25.05.2021-03.06.2021	
7	Оформлення дипломного проекту	28.05.2021-03.06.2021	
8	Підбиття підсумків	03.06.2021-14.06.2021	

Студент

А. Р. Ванджура

Керівник

Ю. В. Куц

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

Анотація

Дипломний проєкт складається з 56 сторінок, 15 рисунків, 9 літературних джерел.

В дипломний проєкті була поставлена і вирішена задача проєктування ферозондового дефектоскопу для контролю головки рейки. В проєкті приведені розрахунки: числа витків вимірювальної обмотки, повної активної та реактивної потужностей, що витрачаються на збудження ферозонду. В графічній частині дипломного проєкту приведена структурна схема дефектоскопа, виконана на аркуші формату А3, функціональна схема – на аркуші А3, складальний кресленик ферозонда – на аркуші формату А1, електрична принципова схема – на аркуші А1, та специфікація на електричну принципову схему.

Мета роботи: спроектувати прилад, який зможе контролювати головку залізничних рейок на предмет знаходження дефектів.

Предмет дослідження: головка залізничної рейки.

Наукова новизна: наявність GPS для просторової навігації дефектів.

Ключові слова: ферозондовий дефектоскоп, контактна втома, дефекти головки рейки, індукторний візок.

Abstract

The diploma project consists of 56 pages, 15 drawings, 9 literary sources.

In the diploma project the task of designing a ferrosonde flaw detector for control of the rail head was set and solved. The project provides calculations: the number of turns of the measuring winding, the total active and reactive power spent on the excitation of the ferroprobe. The graphic part of the diploma project shows a block diagram of a flaw detector made on an A3 sheet, a functional diagram on an A3 sheet, an assembly drawing of a ferroprobe on an A1 sheet, an electrical schematic on an A1 sheet, and a specification on an electrical schematic.

Purpose: to design a device that can control the head of the railway rails for defects.

Subject of research: the head of the railway.

Scientific novelty: the presence of GPS for spatial navigation of defects.

Key words: ferrosonde flaw detector, contact fatigue, rail head defects, inductor trolley.

Зміст

ВСТУП	10
ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА СКОРОЧЕННЯ	11
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	12
1.1 Аналіз об'єкта контролю	12
1.1.1 Залізничні рейки як об'єкт неруйнівного контролю	12
1.1.2 Типи дефектів залізничних рейок	14
1.1.3 Умови проведення контролю	24
1.2 Огляд існуючих методів неруйнівного контролю залізничних рейок	27
1.2.1 Використання ферозондового методу в задачі НК залізничного транспорту	34
1.3 Ферозонди, засновані на появі парних гармонік в обмотках змінного струму при підмагнічуванні осердя постійним потоком	37
1.4 Огляд існуючих дефектоскопів	39
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	41
2.1 Обґрунтування типу дефекта	41
2.2 Розрахунок диференціального ферозонду з повздовжнім збудженням	42
РОЗДІЛ 3. ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ	48
3.1 Структурна схема	48

					ПК 71.030000.000ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Ванджура А.Р.</i>			<i>Ферозондовий дефектоскоп</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Куц Ю.В.</i>						
<i>Н. Контр.</i>					ПБФ, ПК-71			
<i>Затверд.</i>		<i>Куц Ю.В.</i>						

3.2 Функціональна схема.....	48
3.3. Технологія контролю рейок в динамічному режимі	50
3.3.1 Конструкція індукторного візка	50
3.3.2 Система дефектоскопа, що намагнічує.....	51
3.3.3 Система дефектоскопа, що намагнічує.....	52
ВИСНОВОК.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55

ВСТУП

Виявлення критичних дефектів в рейках є основною проблемою для залізничної галузі. Сьогодні залізничний транспорт піддається підвищеним силовим навантаженням на залізничні колії. Це пов'язано зі збільшенням ваги рухомого складу, а також підвищенням швидкості залізничного транспорту. Всі динамічні впливи негативно впливають на експлуатаційний термін рейок та призводять до прискореного зносу і утворенню дефектів. Термін служби рейок залізничної колії може визначатися за двома критеріями: напрацювання рейкою нормативного тоннажу і наявність в рейці дефектів. Як правило, більша кількість рейок не напрацьовує нормативного тоннажу, вони виходять з ладу по другому критерію. З метою оцінки якості продукції, її придатності без порушення стану застосовується неруйнівний контроль. Неруйнівний контроль - остання і в ряді випадків – це єдино можлива технологічна операція, що дозволяє виявляти неприпустимі дефекти в технічних об'єктах і тим самим запобігати виникненню надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті.

Основними завданнями, які розв'язуються в рамках даної роботи є:

- Загальний огляд та аналіз існуючих методів НК для контролю залізничних рейок;
- Вибір типу і конструкції приладу для виявлення дефектів залізничних рейок;
- Теоретичний огляд технологічних процесів дефектоскопії.

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА СКОРОЧЕННЯ

РСП – рейко-зварювальне підприємство.

АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом.

ВВК – візуально-вимірювальний контроль.

Дефектоскопна автомотриса – рухома одиниця з розміщеним на її базі дефектоскопним комплексом.

УЗК – ультразвуковий неруйнівний контроль.

ФЗК – ферозондовий неруйнівний контроль.

НК – неруйнівний контроль.

ОК – об'єкт контролю.

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Аналіз об'єкта контролю

1.1.1 Залізничні рейки як об'єкт неруйнівного контролю

Рейки - це сталеві профільовані прокатні вироби у вигляді смуг. Вони призначені для переміщення рухомого складу залізниць, метрополітенів, трамваїв, вагонеток, монорейків, підйомних кранів та ін. Залізничні рейки виготовляються в Україні на мариупольському металургійному комбінаті «Азовсталь». Останнім стандартом передбачено чотири види залізничних рейок: Р50, Р65, Р65к, Р75. Найчастіше використовують тип Р65 [1].

Експлуатаційна мережа української залізниць складає майже 19,8 тис. км, з них майже половина електрифіковані. Залізничний транспорт України є провідною галуззю в дорожньо-транспортному комплексі країни, який забезпечує майже 82% вантажних і 36% пасажирських перевезень, здійснюваних всіма видами транспорту. Статистичні дані про Українські залізниці наведено у таблиці 1.1 [2].

Таблиця 1.1 Статистика основних показників української залізниці;

Статистичний показник	Значення
Експлуатаційна довжина головних колій	19 787 км; електрифікованих колій — 9319 км; ширина колії — 1520 мм
Кількість залізничних станцій	1402 од.
Кількість залізничних переїздів	105 од.
Кількість переїздів на головних і станційних	4198 од.
Інвентарний парк вантажних вагонів	85,2 тис. од.

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Інвентарний парк пасажирських вагонів	4,32 тис. од.
Інвентарний парк тепловозів	1944 од.
Інвентарний парк електровозів	1627 од.
Інвентарний парк дизель-поїздів	301 секція
Середня кількість працівників	266,3 тис. осіб
Відправлено пасажирів за 2019 рік	149,6 млн пас.
Перевезено вантажів за 2019 рік	312,4 млн тонн

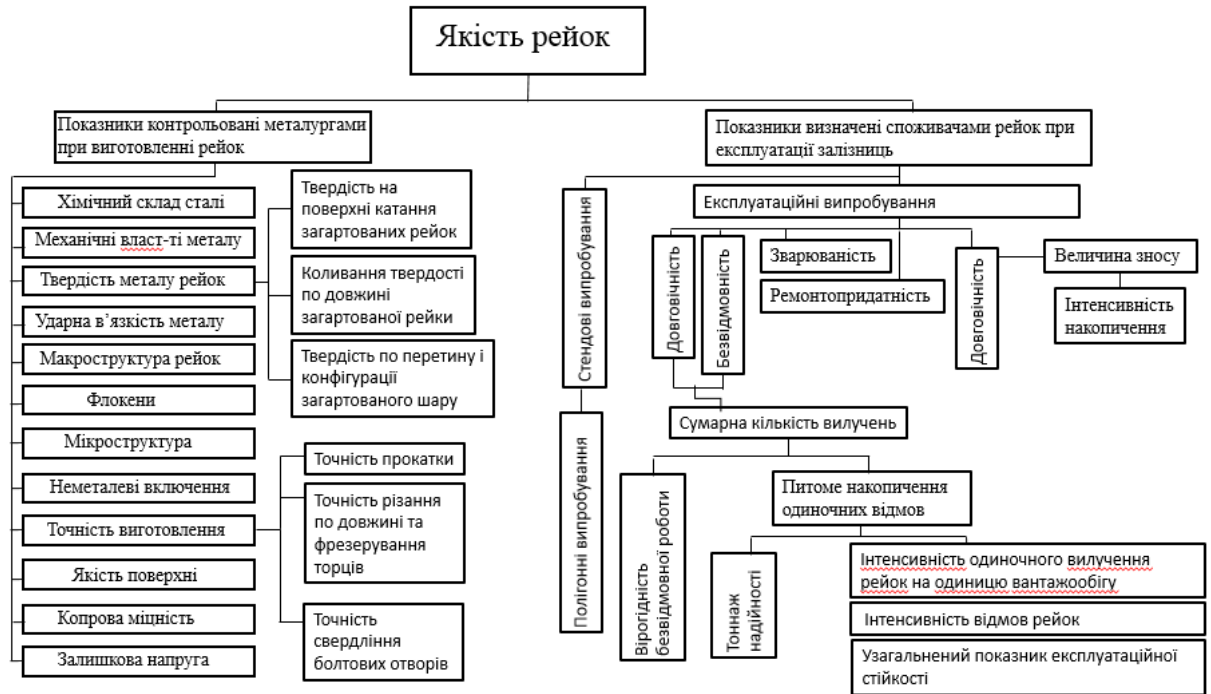
При безперервній експлуатації залізничних шляхів верхня будова колії приходять в непридатність. Рейки в шляху постійно працюють на опір силам, що виникають від рухомих коліс поїздів, і на температурні напруги. В результаті рейки піддаються зламу.

В даному випадку фахівці покладаються на дефектоскопію рейок за допомогою спеціальної техніки, так як візуально визначити в якому місці рейки з'явився дефект, неможливо. Наслідком зламу рейки в більшості випадків є сходження рухомого складу. І найгірше, якщо ним виявиться, наприклад, цистерна з небезпечним вантажем.

Ефективність освоєної технології виробництва термозміцнених залізничних рейок, їх металургійна якість і споживацькі властивості можливо оцінити тільки за результатами комплексу лабораторних, стендових, полігонних і експлуатаційних випробувань. Схема показників якості залізничних рейок приведена на діаграмі 1.2. [3].

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Діаграма 1.2 Показники якості рейок



1.1.2 Типи дефектів залізничних рейок

Дефекти, що виявляються на рейкових полотнах мають індивідуальний код і класифікуються за групами, що залежать від місця розташування дефекту, причин їх виникнення та виду.

До основних видів дефектів відносяться: пошкодження, деформація. В свою чергу вони діляться на: тріщини, відшарування, викришування, стирання, напливи, корозія металу; механічні пошкодження рейок у вигляді вигинів, пробуксовин, виколів підшви та головки, внутрішні втомні дефекти в металі рейки і т.д. Залежно від ступеня дефектності рейки підрозділяються на два типи рисунок 1.3.

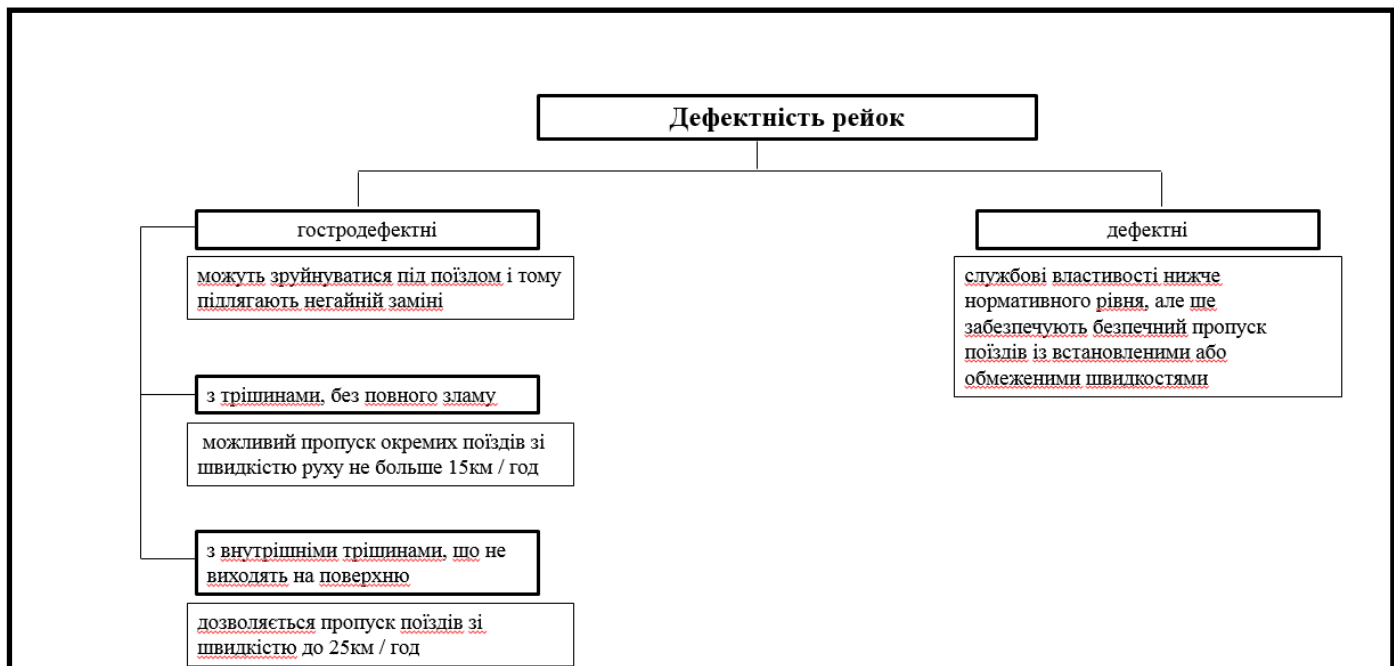


Рисунок 1.3. Види дефектності рейок.

Дефекти в рейках класифікуються за вісьмома групами. Кожна група складається з декількох дефектів, яка в свою чергу описані, має приведені причини появи і розвитку, способи виявлення, особливі вказівки по експлуатації дефектної рейки.

До першої групи належать такі дефекти як:

- відшарування і викришування металу на поверхні катання головки через волосовини, закати, плени та інші. З'являються в результаті виготовлення; пов'язані з недоліками технологічного процесу. Виявляються на рейках як волосовини, закати. На заводі, під час приймання рейок, ці дефекти не помітні. При цьому в результаті експлуатації викликають відшарування, викришування металу на поверхні катання. Дані дефекти виявляються при зовнішньому огляді рейок та потребують постійного нагляду. При великих навантаженнях рейка підлягає заміні, відправляється рекламація заводу-виробнику.

- викришування на бічній робочій викружки головки через недостатню контактну-втомну міцність металу. З'являються в процесі виробництва через наявність великого скупчення неметалічних включень, розташованих у вигляді доріжок вздовж прокатки. Виявляються на ранніх стадіях розвитку з застосування

ультразвукової дефектоскопії. Виявляється даний дефект у вигляді темних плям, розташованих поблизу робочої викружки головки рейки з напливом металу. Рейки з даним дефектом підлягають заміні в плановому порядку;

– пробуксовка рейок колесами локомотивів. З'являються в результаті буксування колесами складу, утворюються западини на голівках, а також можливе викришування металу рейок. Виявляються в результаті зовнішнього огляду і з застосуванням спеціальних вимірювальних інструментів. Наявність даних дефектів в рейковому полотні не сприяє терміновій заміні, тобто вони змінюються в порядку плану;

– відшарування і викришування металу загартованого шару на поверхні катання головки рейки. Виникають в рейках в зв'язку з недостатнім загартуванням матеріалу на виробництві. З'являються розшарування металу, викришування в місцях прокатки і подальше викривлення рейкового полотна. Дані дефекти виявляються при зовнішньому огляді. Підлягають заміні в плановому порядку. У разі сильного викривлення виставляється рекламація заводу-виробнику і дефектні рейки відправляються на заміну;

– викришування наплавленого шару на поверхні катання головки рейки. Виникає в зв'язку з порушенням технології виробництва і пов'язане з неякісним зварним з'єднанням металів. В результаті даних дефектів при русі рухомого складу відбувається утворення поперечних тріщин, викришування або відшарування. Виявлятися дані дефекти можуть як при зовнішньому огляді, так і з застосуванням засобів ультразвукової дефектоскопії. Рейкове полотно з наведеними дефектами змінюється в плановому порядку.

Друга група дефектів об'єднує:

– поперечні тріщини в голівці (у вигляді світлих або темних плям) і злами через них, викликані внутрішніми вадами. Дані дефекти утворюються, в першу чергу, через тріщини-флокени, що характеризуються зернистими надривами. В результаті руху рухомого складу по даним рейкам розвиваються втомні тріщини.

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Перевірка рейок з даним дефектом здійснюється із застосуванням дефектоскопів.

Не залежно від величини тріщини необхідна термінова заміна рейок;

– поперечні тріщини в голівці (у вигляді світлих або темних плям) і злами через них, внаслідок недостатньої контактної міцності (рис.1.4).

Дефекти даного типу виникають через наявність в металі (сталі) неметалевих сполук. Під час руху рухомого складу з'являється поздовжня тріщина, яка в подальшому призводить до відшарування металу або поперечної тріщини.

Виявлення даних дефектів проводиться дефектоскопами. Заміна рейок з даним дефектом повинна проводитися відразу після їх виявлення;

– поперечні тріщини в голівці і злами через них, внаслідок боксування, юза, проходу коліс з повзунами або вибоїнами. Дефекти даного виду виникають в рейках в зв'язку з боксування, юзом при русі рухомого складу, а також у зв'язку з проходом бракованими колесами. Поперечні тріщини призводять до крихкого зламу, частіше це виникає в холодну пору року, при низьких температурах. Визначити дані дефекти можна при зовнішньому візуальному огляді або застосовуючи дефектоскопи. Заміна рейки повинна бути проведена негайно;

– поперечні тріщини в голівці і злами через них, внаслідок ударів по рейці (інструментом, рейкою про рейок та ін.). Тріщини даного типу розвиваються швидко і призводять до зламу рейки. Виявляються візуальним оглядом або засобами дефектоскопії. Заміна рейки повинна бути проведена негайно;

– поперечні тріщини в голівці і злами через порушення технології зварювання рейок, внаслідок чого з'являються бульбашки. Визначаються при зовнішньому огляді або із застосуванням дефектоскопів. Потрібна термінова заміна бракованої рейки, або заміна дефектного шматка;

– гартівні тріщини в загартованому шарі металу головки і злами через них. З'являються в процесі виготовлення рейки через нерівномірні зміни температур під час загартування. Виявити такий дефект можна тільки

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

дефектоскопами. Заміна рейки повинна бути проведена негайно, а також виставлена рекламація заводу-виробнику.

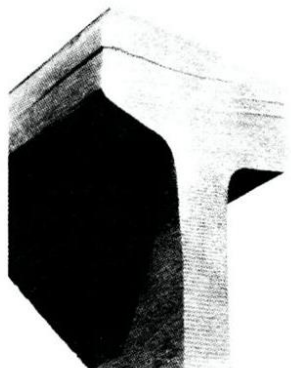


Рисунок 1.4. Горизонтальне розшарування головки рейки.

Третя група дефектів характеризується:

– вертикальне розшарування головки через залишки усадочної раковини (рис. 1.5.) виражається у вигляді ліквациї і заворотом кірки. Виникають в процесі виробництва. Визначаються при зовнішньому огляді або із застосуванням дефектоскопів. Потрібна негайна заміна дефектної рейки і виставлення рекламації заводу-виробнику;

– горизонтальне розшарування головки через наявність скупчень неметалевих включень, що виникають ще на стадії виробництва. Найчастіше з'являються уздовж прокатки. Дефекти даного виду можна знайти при візуальному огляді або із застосуванням дефектоскопів. Потрібна негайна заміна дефектної рейки і виставлення рекламації заводу-виробнику;

– тріщини в голівці поблизу приварного рейкового з'єднувача. В результаті неправильної приварки рейок виникають, перш за все, невеликі зварювальні тріщини, які в майбутньому можуть трансформуватися в поперечні або поздовжні з подальшим виколом головки рейки. Досить зовнішнього огляду, щоб виявити такий дефект і повідомити про термінову заміну рейки.

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

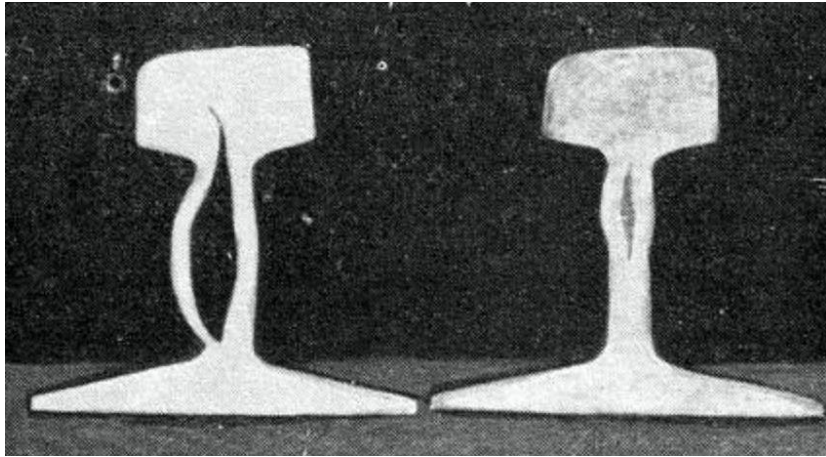


Рис. 1.5. Рейка з усадочною раковиною

Четверта група дефектів рейок:

- хвилеподібна деформація головки (хвилі довжиною 25-150 см). Виникають на заводах-виробниках при прокатці і правці рейки в результаті вібрацій і биття прокатної клітини. Застосування рейок з даним дефектом сприяє утворенню і розвитку нерівностей хвилеподібного вигляду. Виявити хвилеподібні дефекти можна при зовнішньому огляді, і також із застосуванням вимірювальних приладів. Можливо шліфування головки рейкового полотна рельсошліфовочним поїздом. Якщо дана процедура неможлива потрібно планова заміна дефектної рейки;

- заминання і вертикальний знос головки через недостатню міцність металу. У зв'язку з недостатньою міцністю металу під час експлуатації та проходження залізничного складу головка рейки деформується, зношується, а частина металу стікає на бічну грань. При зовнішньому огляді можливе виявлення дефекту даного типу. При сильних заминаннях і напливах, що перевищують допустимі відхилення, необхідна планова заміна дефектної ділянки рейкового полотна;

- заминання головки внутрішньої рейки в кривій через його перевантаження. Даний дефект виникає через недоліки пристрою та утримання колії і викликаний нерівномірними навантаженнями на зовнішню рейку і внутрішню нитку. Досить зовнішнього огляду для виявлення даного дефекту. Заміна рейок здійснюється в плановому порядку;

– наднормативний бічний знос головки обумовлений недостатньою міцністю матеріалу (металу), з якого виготовлена рейка, а також у зв'язку з ковзанням гребенів (реборда) колісних пар під час входу в криві по боковій поверхні рейки. Виявити дефект даного типу можна як при зовнішньому огляді, так і з застосуванням спеціальних вимірювальних інструментів. Експлуатація дефектних рейок можлива при правильному розташуванні кривих в плані, а також із застосуванням змащення гребенів та рейок. Рейки слід замінювати в порядку плану;

– заминання головки у вигляді сідловини в зоні зварного стику через нерівномірність механічних властивостей металу. В процесі виробництва і зварювання рейок в металі присутня неоднорідність механічних властивостей, що сприяє одиночному або подвійному заминанню, тобто одної або двох сідловин відповідно. Дані дефекти можна виявити при зовнішньому огляді або провівши перевірку вимірювальними засобами. Використання рейок з дефектами зазначеного типу можливе після вирівнювання та шліфування зони зварного стику з подальшою плановою заміною

– заминання головки у вигляді сідловини в місці болтового стику з'являється в зоні різкого переходу загартованого і незагартованого металу. При зовнішньому огляді можливе виявлення дефекту даного типу, а також з використанням спеціальних вимірювальних засобів. Заміна рейок здійснюється в порядку плану;

– короткі (3-12 см) хвилеподібні нерівності на голівці рейки (рифлі). Результатом руху рухомого складу, а також ковзання виникають зміни верхніх шарів рейки - їх стирання. Зовнішній огляд і застосування вимірювальних засобів може частково або повністю виявити даний вид дефекту. При цьому заміна рейки відбувається в плановому порядку.

П'ята група дефектних рейок складається з:

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– розшарування шийки, внаслідок дефектів технології виготовлення, обумовлюється наявністю неметалічних включень, залишками усадочної раковини або недостатньої обрізки рейкової смуги. Виявляється при зовнішньому огляді або із застосуванням дефектоскопів. Заміна рейки здійснюється негайно і пред'являється рекламація заводу-виробнику;

– поздовжня тріщина і виколи через неї в місцях переходу головки в шийку. Даний вид дефекту обумовлюється недоліками профілю, досить високими місцевими напруженнями. В результаті тріщина може видозмінюватися. Сприяє розвитку цього дефекту погане утримання колії. Досить зовнішнього огляду, щоб визначити такі дефекти, також можна застосувати дефектоскопи для більш детального огляду. Термінова заміна дефектних рейок не потрібно, за умови, що є присутнім постійний контроль. Рейки змінюються в плановому порядку;

– тріщина в шийці від болтових та інших отворів (рис. 1.6.). Поява тріщин такого типу обумовлюється концентрацією напружень в отворах, за рахунок свердління утворюються надриви на краях, що прискорюють процес корозії і подальше руйнування. Визначити дану дефектну рейку можна зовнішнім оглядом зі зняттям накладок, а також із застосуванням дефектоскопів і ручних допоміжних інструментів. Заміна рейки повинна здійснюватися негайно;

– тріщина в шийці в місцях маркувальних знаків і виколи через неї обумовлюються механічними пошкодженнями, в яких концентруються напруги. Для визначення тріщини досить зовнішнього огляду або застосування дефектоскопа. Після знаходження дефекту необхідна негайна заміна рейки;

– тріщина в шийці в зоні зварного шва внаслідок дефектів зварювання, тобто неякісна зварка і обробка зварного шва. Виявлення здійснюється як при зовнішньому огляді, так і з застосуванням дефектоскопів. Потрібна термінова заміна дефектної рейки або вирізка бракованої ділянки і вварка нової;

– корозія шийки рейок виникає в результаті зовнішніх факторів під час експлуатації, а також при попаданні хімічних речовин. Найчастіше рейки схильні

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

до корозії в тунелі, на шляху відстою і завантаження льодовиків і ін. Корозію легко помітити візуально. Дефектні рейки контролюються і змінюються в плановому порядку.

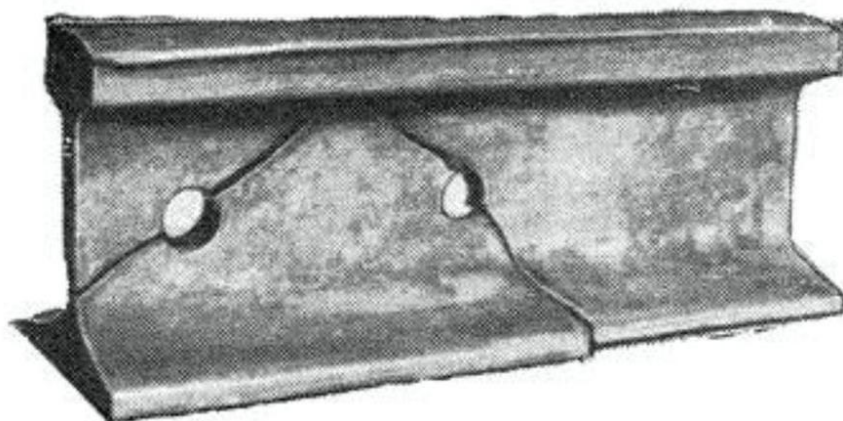


Рис. 1.6 Викол кінця руйки по болтовим з'єднанням

Шоста група характеризується наступними дефектами:

– поздовжні тріщини, викол частини подошви і злам. Можуть з'являтися під час експлуатації та руху рухомого складу через неякісний процес виробництва, в результаті якого виникають такі дефекти як: волосовини, заходи та ін., що сприяють подальшому руйнуванню рейок. Дефекти даного виду можна знайти при візуальному огляді або із застосуванням дефектоскопів. Потрібна термінова заміна дефектної рейки, а також відправляється рекламація заводу-виробнику;

– викол подошви без видимих дефектів в зламі. Даний дефект може з'явитися в зв'язку з недоліками профілю, відхиленням товщини подошви від нормативного значення, а також із-за нерівномірного навантаження подошви рейки на підкладку. Для визначення виколи подошви досить зовнішнього огляду або застосування дефектоскопа. При виявленні дефекту рейок слід терміново замінити;

– тріщини і виколи подошви з'являються через удари або зовнішні механічні пошкодження. При зовнішньому огляді можливе виявлення тріщини і виколи. Дефектна рейка вимагає термінової заміни;

– тріщини в подошві в звареному шві, зумовлені порушеннями в технології зварювання рейок, наявністю включень, бульбашок, незадовільною

									Арк.
									22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПК 71.030000.000ПЗ				

обробкою зварного шва. Застосування дефектоскопів полегшить пошук даних дефектів, але можливий і зовнішній огляд. Необхідно замінити дефектний рейок, або вирізати ділянку з дефектом і вварити новий;

– корозія підшви виникає в результаті зовнішніх механічних впливів, кліматичних умов (вологості, різкого перепаду температур), витоку тягового струму і в подальшому призводить до тріщин, сколів і зламів. Для виявлення корозії можливий зовнішній огляд, але для більш ретельного виявлення дефекту і причин рекомендується періодичне одиночне зняття і заміна рейки для перевірки. У разі виявлення корозії рейки замінюється в плановому порядку.

Сьома група складається з трьох дефектів:

– поперечні злами рейок через шлакових включень та інших дефектів макроструктури, що потрапляють в метал на етапі виробництва. Виявити дефект можливо тільки застосувавши засоби дефектоскопії. Далі проводиться термінова заміна дефектної рейки і направляється рекламація заводу-виробнику;

– поперечні злами рейок внаслідок проходу коліс з великими повзунами або вибоїнами виникають в процесі експлуатації в результаті руху рухомого складу. Дефекти даного виду можна виявити при візуальному огляді або із застосуванням дефектоскопів. Потрібна термінова заміна рейки з дефектом, а також спостереження за недефектними рейками на даній ділянці;

– поперечний злам без видимих вад у ньому найчастіше виникає через неякісне утримання колії, перевищенні допустимого навантаження і пропускної здатності. Після виявлення зламу при зовнішньому огляді або після перевірки дефектоскопами слідує негайна заміна дефектної рейки.

Восьма група дефектів у рейках складається з:

– вигин при вивантаженні з рухомого складу обумовлюється неякісною експлуатацією шляху під час навантаження, вивантаження та перевезення. Зовнішній огляд і застосуванням вимірювальних засобів може частково або

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

повністю виявити даний вид дефекту. Рейки з невеликими вигинами можуть бути виправлені без зняття, якщо присутні різкі викривлення потрібна термінова заміна;

– порушення прямолінійності рейок в звареному стику з'являється в результаті зварювання невикористаних решт рейки. Виявлення здійснюється як при зовнішньому огляді, так і з застосуванням спеціальних вимірювальних приладів. Можлива як повна заміна дефектної рейки, так і вирізка бракованого ділянки і зварка нової.

Таким чином, дефекти в рейках, які змінюють зовнішній вигляд рейкового полотна можна виявляти без застосування спеціальних засобів і дефектоскопів, досить зовнішнього огляду. При визначенні такого дефекту, як тріщина необхідно терміново замінити браковану рейку. Якщо ж виявлений дефект виник в процесі виробництва або неякісного технологічного процесу заводу-виробнику виставляється рекламація з вимогою замінити дефектну рейку [4] [5].

1.1.3 Умови проведення контролю

Поверхня рейки, з якої ведеться контроль, повинна бути очищена від:

– Окалини, що відшарувалась; бруду, льоду і покриття шаром контактної рідини при використанні п'єзоелектричного перетворювача;

– Окалини, що відшарувалась і бруду при використанні електромагнітоакустичного перетворювача.

В якості контактної рідини використовують воду, мінеральні мастила, розчин спирту в воді і спирт.

Чистота поверхні і склад контактної рідини повинні бути вказані в технічній документації на контроль.

Нова технологія контролю рейок контрольними комплексами на рейко-зварювальному підприємстві (РСП) повинна передбачати:

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

а) оснащення робочих місць в технологічному потоці РСП з урахуванням сучасних вимог, введення елементів механізації, роботизації та автоматизації, вилучення застарілих засобів контролю, малоефективного та нестандартного допоміжного обладнання;

б) впровадження комплексної автоматизованої системи контролю рейок і технічної діагностики на РСП на основі сучасних методів для підвищення якості продукції, продуктивності, технологічності, достовірності і інформативності ведення інструментальної оцінки стану виробництва рейкових батогів на всіх операціях.

Комплекс автоматизованої системи контролю рейок і технічної діагностики повинен забезпечувати:

1) суцільний контроль (фіксація і вимір) зносу профілю прибулих старопридатних рейок і визначення групи придатності;

2) суцільну, всебічну відеореєстрацію і розпізнавання тимчасового і додаткового маркування (записів і трафаретів, завданих дистанціями колії і дорожніми машинними станціями;

3) реєстрацію і розпізнавання постійного маркування на шийці очищеної рейки, виконаної під час прокатки і клеймуванням в гарячому і холодному стані;

4) вхідний контроль профілю рейок після фрезерування перед зварюванням;

5) відеореєстрацію вирізки дефектних ділянок на рейкорізьблених верстатах;

6) відеореєстрацію установки зварювальних рейок в зварювальній машині по поєднаним контурам, а також операцій зварника;

7) вхідний контроль профілю рейок (перпендикулярності) після зварювання;

8) відеореєстрацію і фіксацію температури операцій термообробки;

9) відеореєстрацію операції грубої шліфовки з обов'язковою фіксацією маркування застосовуваного шліфувального круга і технології шліфування;

10) відеореєстрацію операції чистового шліфування з обов'язковою фіксацією маркування застосовуваного шліфувального круга і технології шліфування;

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

11) вхідний контроль профілю рейок після шліфування;
 12) автоматичне вимірювання твердості металу в зоні зварного стику;
 13) автоматизоване вимірювання намагніченості рейок;
 14) реєстрацію і розпізнавання нанесеною лазерного маркування;
 15) відеореєстрацію нанесеною фарбою маркування зварного стику;
 в) вихідний (приймальний) контроль на РСП повинен здійснюватися автоматизованими (роботизованими) багатофункціональними стендами неруйнівного контролю та вимірювання геометричних параметрів зварних стиків, забезпечуючи в автоматичному режимі:

1) налаштування і калібрування всіх параметрів стенду, включаючи п'єзоелектричні перетворювачі, засоби вимірювання (пірометри, твердоміри, відеореєстратори і т.п.);

2) розрахунок необхідної зони контролю для обраного типу рейки;

3) лазерне вимірювання геометричних параметрів зварного стику;

4) відеомоніторинг окремих ділянок рейки і розпізнавання ділянок відпалу;

5) проведення ультразвукового контролю, включаючи стеження за акустоконтактом і подачею контактної рідини;

6) звукову та світлову сигналізацію супроводу контролю;

7) кошти кольорового маркування зварного стику;

8) формування підсумкового протоколу контролю, включаючи параметри батоги, номер зварного стику, параметри вимірювань і контролю по всьому перетину рейки в форматі 3D;

9) наявність засобів комунікацій для забезпечення взаємодії з АСУТП.

Впровадження автоматизованої системи реєстрації інформації всіх операцій на різних стадіях життєвого циклу зварного стику або батоги, починаючи з надходження в РСП і закінчуючи утилізацією в металобрухт, - "Електронний паспорт батоги".

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Поряд з розробкою і застосуванням передових методів НК в РСП система управління повинна бути вдосконалена за допомогою застосування сучасних інформаційних технологій.

Електронний паспорт повинен містити інформацію про параметри роботи всіх технологічних операцій в РСП: зачистка рейок перед зварюванням, зварювання рейок (режими), гаряча правка, груба шліфовка, термообробка зварного стику, під чистове шліфування, холодна правка, контроль геометрії зварного стику, вихідний контроль. Електронний паспорт зварної батоги повинен забезпечувати можливість подання інформації як безпосередньо по батоги в цілому, так і по кожному окремому зварному стику.

Електронний паспорт повинен містити значення бракувальних параметрів технологічного обладнання (зварювальні машини, установки по термообробці, преса для випробувань контрольних зразків), фіксувати всі зміни, починаючи з стику, на якому відбулися зміни.

Беручи до уваги, що основною причиною укладання в дорогу рейок з дефектами є відсутність автоматизованої системи контролю в РСП, і, як наслідок, пропуск дефектів при вихідному контролі, то впровадження комплексної системи неруйнівного контролю та технічної діагностики рейок на РСП дозволить скоротити до мінімуму вплив людського фактора на пропуск дефекту до укладання в дорогу [6].

1.2 Огляд існуючих методів неруйнівного контролю залізничних рейок

Послуги з дефектоскопії рейок здійснюється методом неруйнівного контролю і визначає:

- 1) порушення однорідності структури;
- 2) однорідність матеріалу;
- 3) місця ураження корозією;

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 4) невідповідність початковому хімічному складу;
- 5) відхилення в розмірі та інші дефекти.

Основними методами неруйнівного контролю залізничних рейок є ультразвуковий, магнітний, вихроstromовий та візуальний контроль.

Неруйнівний контроль рейок має трирівневу систему: первинний суцільний контроль - дефектоскопні автоотриси і двониткові знімні дефектоскопи; вторинний суцільний контроль - вагони-дефектоскопи; засоби локального контролю - переносні дефектоскопи для контролю зварних стиків, одониткові знімні дефектоскопи для контролю стрілочних переводів, вибіркового контролю за показниками дефектоскопних автоотрис і вагонів-дефектоскопів. Послуги з дефектоскопії рейок на рейко-зварювальних поїздах включають проведення вхідного контролю, а також поопераційного і приймального контролів після обробки рейок і зварних стиків. Засоби первинного контролю використовуються в межах дистанції колії, вторинного контролю в межах залізниці. Для експлуатації дефектоскопних коштів на дистанціях колії організуються ділянки дефектоскопії.

Ділянка повинна бути обладнана контрольним тупиком з еталонними дефектами в рейках для перевірки працездатності дефектоскопів і навчання операторів дефектоскопних візків. На дистанції колії виділяється також приміщення для зберігання, технічного обслуговування і екіпіровки дефектоскопної автоотриси, яка повинна бути укомплектована одонитковим знімним дефектоскопом і дефектоскопом для контролю зварних стиків.

Найбільш ефективним способом, що дозволяє максимально достовірно визначити наявність і виявити приховані дефекти, є ультразвукова дефектоскопія рейок. Проводиться вона перед введенням рейкового полотна в експлуатацію. Головним чином УЗ дефектоскопія рейок спрямована на контроль цілісності рейкового полотна, які не можна виявити за допомогою ВВК.

Ультразвукова дефектоскопія рейок і різних заготовок з металу проводиться згідно вимог ГОСТ 15467-79, ГОСТ 23667-85, ГОСТ 23829-85, а також інших стандартів і нормативних актів.

Ультразвуком називаються коливання з частотою більше 20000 Гц (знаходяться за межами чутності людського вуха). Для ультразвукової дефектоскопії застосовуються ультразвуки частотою від 10 до 100 МГц, отримані штучним шляхом. При таких частотах довжина хвилі ультразвуку, що проходить через метал, становить від 0,5 до 30 мм і стає сумірною з розмірами дефектів.

Джерелом ультразвукових коливань служать п'єзоелектричні випромінювачі. Сучасна ультразвукова дефектоскопія заснована на відображенні ультразвукових хвиль від дефектів, наявних в матеріалі, і сприйманні відбитих хвиль спеціальними підсилювальними приладами. Принцип роботи ультразвукового дефектоскопа полягає в тому, що за допомогою лампового генератора створюють електричні хвилі, що перетворюються в п'єзоелементі в ультразвуковий сигнал, що з'являється на екрані осцилографа у вигляді піку (початковий сигнал). Якщо дефекту немає, то імпульс проходить через деталь і, відбиваючись від дна деталі, повертається до приймача. На екрані осцилографа виникає другий пік (донний сигнал).

Ультразвукові дефектоскопи якісно виявляють дефекти на ранніх стадіях, завдяки достатньої чутливості та роздільної здатності. Проте дефекти критичних розмірів вони частіше пропускають.

В Україні користуються ультразвуковими вагонами-дефектоскопами (УВД). Вони використовують імпульсний метод випромінювання пружних хвиль. Але дані УВД мають ряд вад через те, що при збільшенні швидкості акустичний контакт послаблюється. В свою чергу, це призводить до зменшення ефективності контролю.

Одним з перших методів для контролю металовиробів став застосовуватися **тіньової метод** контролю. Випромінювач ультразвукових хвиль І, виріб і приймач ІІ утворюють «акустичний тракт». Якщо на шляху ультразвукової хвилі від випромінювача до приймача немає перешкод, що відображають або розсіюють

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

ультразвукові хвилі, то рівень прийнятого сигналу максимальний. Цей метод вимагає двостороннього доступу до виробу. Природно ця умова не може бути прийнято при контролі рейок в колії.

Дзеркально-тіньовий метод, як видно з рисунка 1.7, не вимагає двостороннього доступу до виробу. При цьому ознакою виявлення дефекту служить ослаблення амплітуди сигналу, відбитого від протилежної поверхні. Її зазвичай називають донною поверхнею, а луна-сигнал - донним сигналом.

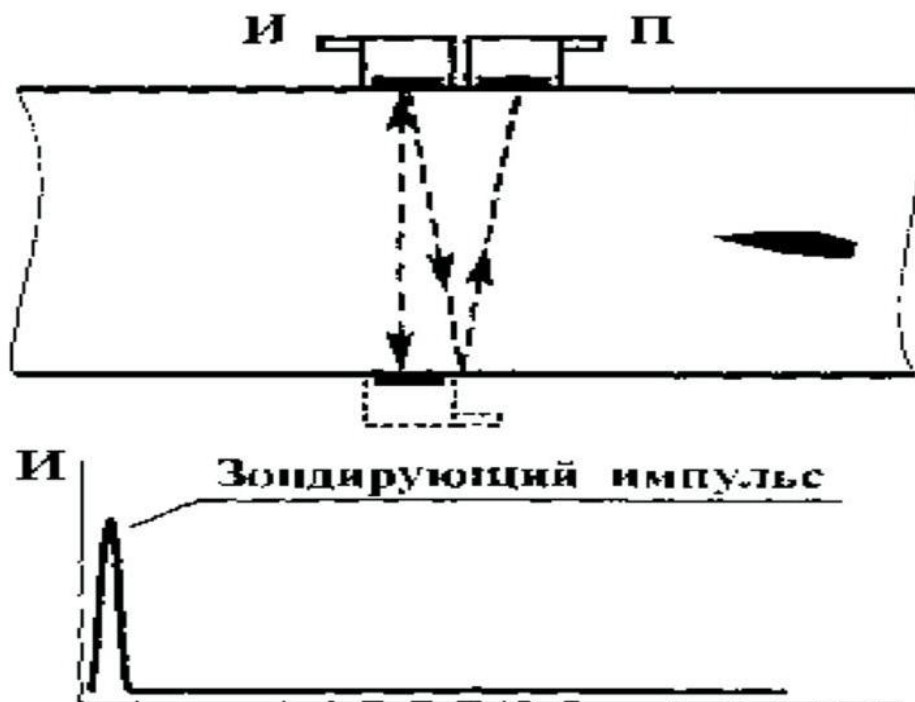


Рис. 1.7. Дзеркально-тіньовий метод УЗ контролю донним сигналом

Як видно з малюнка 1.7. дзеркально-тіньовий метод (ДТМ) ультразвукового контролю реалізується, якщо перенести приймальний п'єзоелектричний перетворювач, який реалізує тіньовий метод, з донної поверхні на поверхню сканування виробу і спостерігати за рівнем (амплітудою) двічі пройшовшого через вирію. Дві п'єзопластини розміщені в одному корпусі, причому прийомна й передавальна п'єзопластини зазвичай відокремлюються електроакустичним екраном. Такий п'єзоперетворювач називають роздільно-суміщеним - одна п'єзопластина, що здійснює почергове випромінювання і прийом ультразвукових

коливань. Такий режим роботи називають поєднаним, а п'езоперетворювач - поєднаним ПЕП.

У рейкової дефектоскопії, зважаючи на простоту реалізації, найчастіше застосовують перетворювачі, що працюють в суміщеному режимі, рідше - в роздільно-суміщеному (РС) і дуже рідко - в роздільному режимі випромінювання-прийому ультразвукових коливань.

Луна-метод ультразвукової дефектоскопії заснований на випромінюванні в контрольований виріб коротких зондувальних імпульсів і реєстрації луна-сигналу, відбитого від дефекту [7].

До переваг луна - методу відноситься:

- односторонній доступ до виробу;
- відносно велика чутливість до внутрішніх дефектів;
- висока точність визначення координат дефекту.

До недоліків луна - методу відноситься:

- низька завадостійкість до поверхневих відбивачів;
- різка залежність амплітуди луна сигналу від орієнтації дефекту;
- неможливість контролю якості акустичного контакту в процесі переміщення ПЕП, так як при відсутності дефектів на виході відсутні будь-які сигнали. Незважаючи на зазначені недоліки, луна метод є найбільш поширеним методом ультразвукової дефектоскопії виробів.

Відмінною особливістю методу є те, що при контролі виробів реєструються і аналізуються практично всі сигнали, що проходять із виробу після випромінювання зондуючих коливань. Тому при контролі виробів з плоско паралельними поверхнями можливий одночасний прийом луна-сигналу як від дефекту, так і від протилежної поверхні.

Виявлення дефектів в металевих деталях **вихрострумовим методом** базується на законі електромагнітної індукції, за яким змінне магнітне поле збуджує

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

в них вихрові струми. Як відомо, вихрові струми замикаються в товщі металу і тому не можуть бути безпосередньо використані для виявлення дефектів. Тому в основі вихрострумowego методу є спостереження за такими процесами, які завжди супроводжують вихрові струми і поряд з цим можуть спостерігатися поза контрольованої деталі. Змінне магнітне поле в контрольованій деталі створюється магнітною котушкою, яка живиться від джерела змінного струму [8, 9].

Розглядаючи вихрострумівий метод, слід мати на увазі, що змінне поле, навіть при відносно невеликій частоті, проникає тільки в поверхневий шар деталі.

Згідно із законом електромагнітної індукції в поверхневому шарі металу виникнуть вихрові струми, замкнуті контури яких охоплюють лінії змінного магнітного поля. Вихрові струми, як всякі електричні струми, створюють магнітне поле, яке на відміну від котушок є ВТОРИННИМ. Згідно із законом Ленца вторинне змінне поле в кожен момент часу протилежно первинному, тобто йому протидіє. Взаємодія поля вихрових струмів (вторинне поле) з полем котушки (первинне поле) викликає зміна її електричних параметрів. Тріщина або інший дефект, що порушують суцільність поверхневого шару металу, є перешкодою для вихрових струмів. Така перешкода надає дію, схожу з дією різкого зменшення електричної провідності металу, що відповідним чином відбивається на електричних параметрах магнітної котушки. Товщина металу впливає лише в тих випадках, коли вона менше глибини проникнення вихрових струмів в даному металі. У зв'язку з особливостями вихрострумowego поля в зоні тріщини доцільно застосовувати вихроструміву систему, витягнуту вздовж тріщин. Вимірювальна котушка системи, орієнтована на вертикальну складову поля, повинна бути вбудована в сердечник магнітної котушки і мати малі розміри в поперечному до тріщини напрямку. Вихроструміву система такої конструкції застосовується в дефектоскопії для контролю хрестовин і залізничних стрілочних переводів, що лежать в шляху.

Приховані дефекти в залізничних рейках можуть бути виявлені **електромагнітним методом**. Для цього рейки намагнічують магнітом або

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

електромагнітом. Рейкова сталь, сильно намагнічується в порівняно слабкому магнітному полі і зберігає значну частку того намагнічування, яке їй було раніше повідомлено, за своїми властивостями відноситься до групи феромагнітних матеріалів. Феромагнітні властивості виникають завдяки наявності в атомі сталі елементарних носіїв магнетизму – рухомих, всередині атома, електронів і особливій взаємодії між деякими електронами сусідніх атомів. Практичне застосування отримав спосіб намагнічування рейок в магнітному полі рушійного електромагніту. У цьому випадку використовується П - подібний електромагніт, звернений полюсами до робочої поверхні головки рейки. Полюсні магнітні потоки частково розсіюються, а в рейках розгалужуються на дві частини - міжполюсну і заполюсну. Для виявлення дефектів у рейках використовується міжполюсний магнітний потік, що становить не більше 60% загального потоку, що збуджується магнітним струмом в обмотках електромагніту [8, 9].

Можливість виявити дефекти магнітним методом безпосередньо пов'язана з утворенням в зоні дефекту різко вираженої неоднорідності магнітного поля.

У практиці набули поширення два основних види намагнічування - полюсне і циркулярний. Полюсне намагнічування рейок здійснюється електромагнітом або постійним магнітом.

Тріщини, витягнуті уздовж рейок, виявляються способом циркулярного намагнічування. Для цього рейки намагнічуються в поперечному напрямку. Силві лінії цього поля не перетинають поверхню рейки, а як би охоплюють його, циркулюють навколо рейки, тому циркулярне намагнічування називається безполюсним. Рейка може бути намагнічена в постійному і змінному полі. При постійному полі зазвичай виявляють внутрішні дефекти. При змінному полі намагнічується лише поверхневий шар металу, що вказує на доцільність його застосування для виявлення дефектів на поверхні рейки. Напруженість поля дефекту залежить від виду дефекту, глибини його залягання в товщі металу, властивостей навколишнього металу і його намагніченості [10].

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

1.2.1 Використання ферозондового методу в задачі НК залізничного транспорту

Існує безліч різновидів ферозондових приладів, призначених для вимірювання неоднорідних полів розсіювання намагнічених об'єктів з дефектами. Згідно з існуючим стандартом для проведення неруйнівного контролю відповідальних несучих частин таких, як бічні рами, надресорні балки та литі елементи візків вантажних вагонів, використовується саме ферозондовий метод контролю. При певній їх технічній адаптації та удосконаленні методів обробки інформаційних сигналів ферозондові прилади можуть бути застосовані для цілей діагностики технічного стану осей колісних пар в тому числі з забезпеченням автоматизації процесу контролю.

Ферозондовий метод неруйнівного контролю належить до магнітних методів і частково є якісним розвитком методу магнітопорошкового контролю. При проведенні контролю ферозондовим методом поля розсіювання виявляються не за допомогою феромагнітних частинок, що скупчуються над дефектами, як при проведенні магнітопорошкового методу, а за допомогою чутливих ферозондових перетворювачів. Використання ферозондових перетворювачів істотно впливає на технологію проведення контролю, яка повністю відрізняється від магнітопорошкового контролю.

Ферозондовий контроль (ФЗК) заснований на виявленні ферозондовим перетворювачем магнітного поля розсіювання дефекту на намагнічених виробах і перетворенні його в електричний сигнал. Пошук дефектів заснований на вимірюванні ферозондовим приладом градієнта напруженості магнітного поля розсіювання, створеного дефектом в намагніченому виробі і порівнянні результату вимірювання з порогом спрацьовування дефектоскопа. Дефекти виявляються за рахунок виявлення просторових спотворень магнітного поля над дефектом.

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Неоднорідність магнітного поля в конкретній його точці характеризується градієнтом напруженості

$$\text{grad}H=dH/dx \quad (1.1)$$

Висока чутливість дефектоскопів-градієнтометрів дозволяє виявляти дефекти з шириною розкриття в кілька мікрометрів і глибиною від 0,1 мм. Можливо виявлення дефектів дефектоскопом під немагнітним покриттям товщиною до 6 мм при шорсткості контрольованих поверхонь до $Rz = 320$ мкм.

Процес контролю деталей ферозондовим методом здійснюється в такій послідовності:

– проводять намагнічування виробу (або його ділянки) пристроєм в напрямку, перпендикулярному найбільш вірогідному розташуванню дефектів. Для намагнічування застосовують стаціонарні або переносні намагнічуючі пристрої, що створюють на поверхні контрольованого виробу в зоні контролю тангенціальну складову напруженості магнітного поля, що дорівнює аналогічній складовій на поверхні стандартного зразка. Допускається використовувати при цьому як спосіб доданого поля, так і спосіб залишкової намагніченості;

– сканують ферозондовим перетворювачем зону контролю об'єкта паралельними проходами з кроком 10-20 мм. Ферозондовий перетворювач встановлюють в зоні контролю так, щоб його поздовжня вісь була спрямована уздовж силових ліній поля, що намагнічує, на прямих ділянках і по дотичній до поверхні – в місцях заокруглень;

– якщо над будь-якою точкою або ділянкою контрольованої деталі спрацювали звуковий і світловий індикатори дефекту і показання стрілочного приладу перевищили 25% шкали, встановлюють причину появи сигналу; для цього повторно проводять датчиком за місцем появи сигналу, знаходять точку максимуму і відзначають її;

- виконують перетворювачем кілька паралельних проходів зліва і праворуч від відмітки, знову фіксуючи точки максимумів. Якщо позначки шикуються в лінію, вона описує конфігурацію невидимого дефекту і визначає його протяжність;

- виключають з розгляду показання індикаторів, які викликані неоднорідністю поля, зумовленої конструкцією виробу. Такі сигнали слід запам'ятати, так як вони повторюються у однотипних виробів.

- для вимірювання величини градієнта напруженості магнітного поля розсіювання дефекту встановлюють перетворювач в точку, де спостерігається максимальне показання стрілочного приладу.

В даний час на залізниці ферозондовим методом, крім литих елементів конструкції візків вагонів, також контролюються корпуси автосцепок і тягових хомутів.

Ферозондовий метод має такі переваги перед іншими методами, що застосовуються для неруйнівного контролю в вагонному господарстві:

- висока чутливість до магнітного поля (до 10^{-4} - 10^{-5} А/м);
- низькі вимоги до стану поверхні: допустимі забруднення деталей і лакофарбові покриття;

- можливість ефективного контролю литих і штампованих деталей з високою шорсткістю;

- можливість виявлення поверхневих і підповерхневих дефектів у сталевих виробках на глибині до 10 мм;

- можливість застосування на виробках будь-яких розмірів і геометричних форм, якщо відношення їх довжини до найбільшого розміру в поперечному напрямку і їх магнітні властивості дають можливість намагнічування до ступеня, достатнього для створення магнітного поля розсіювання дефекту, що виявляється за допомогою перетворювача.

- можливість повної автоматизації проведення контролю.

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

До недоліків ферозондового контролю належать:

- залежність результатів контролю від величини намагніченості контрольованого об'єкта;
- неможливість контролю деталей з малими геометричними розмірами, співмірними з розмірами ферозондового перетворювача;
- жорсткі технічні вимоги до напрямку і кроку сканування деталі ферозондовим перетворювачем;
- можливість помилкових спрацьовувань при наявності локальних градієнтів магнітного поля, викликаних: магнітними плямами, наближенням до краю, наявністю виступів (буртів, ребер), наклепом, різкою зміною перетину;
- незручність розмагнічування громіздких осей. Ферозондові дефектоскопи-градієнтометри в даний час активно застосовуються для контролю литих деталей, прокату, зварних з'єднань в багатьох областях промисловості, де показують якісні результати. [11]

1.3 Ферозонди, засновані на появі парних гармонік в обмотках змінного струму при підмагнічуванні осердя постійним потоком

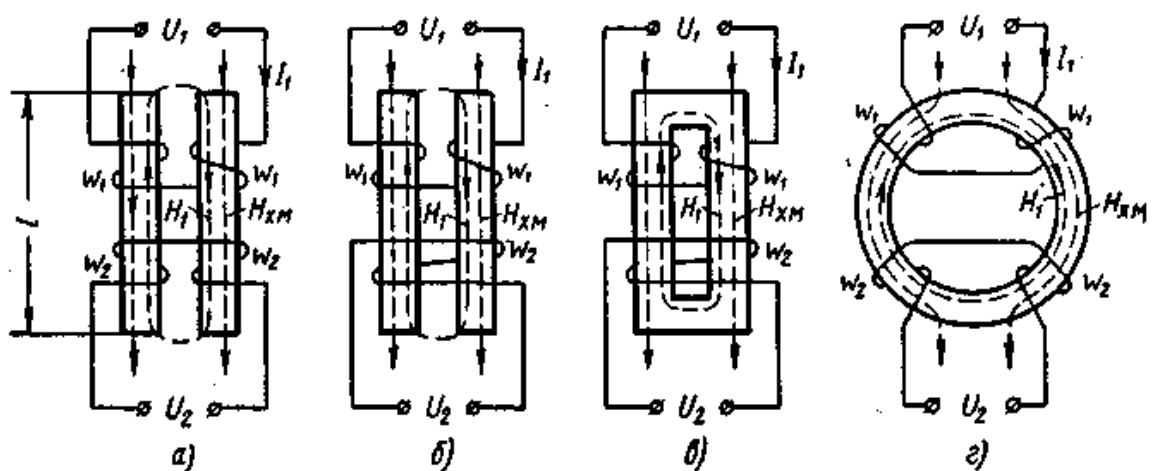


Рис 1.8. Схеми ферозондів, заснованих на вимірюванні напруги парних гармонік: а і б — із стрижньовим сердечником; в—с замкнутим сердечником; г — з кільцевим сердечником.

Обмотки сердечника w_1 живляться змінним струмом. Кількість ампер-витків $I_1 w_1$, вибрано так, що осердя в кожен напівперіод насичається, і його магнітна проникність різко падає. На рис. 1.8. (а) показані крива намагнічування матеріалу, синусоїда напруженості поля H_{\pm} в осерді, створена струмом I , і крива зміни магнітної індукції B в осерді.

З обмоток w_2 знімається напруга. Ця напруга з'являється внаслідок того, що величина потоку в осерді від зовнішнього поля H_x не залишається постійною, а міняється два рази протягом періоду, досягаючи максимуму, коли значення змінного струму проходить через нуль і осердя не намагнічене, і два рази — мінімуму, коли сердечник насичений. На рис. 1.8. (б) показано дві криві намагнічування осердя зовнішнім полем: 1 — для ненасиченого осердя і 2 — для осердя, насиченого потоком обмотки w_1 .

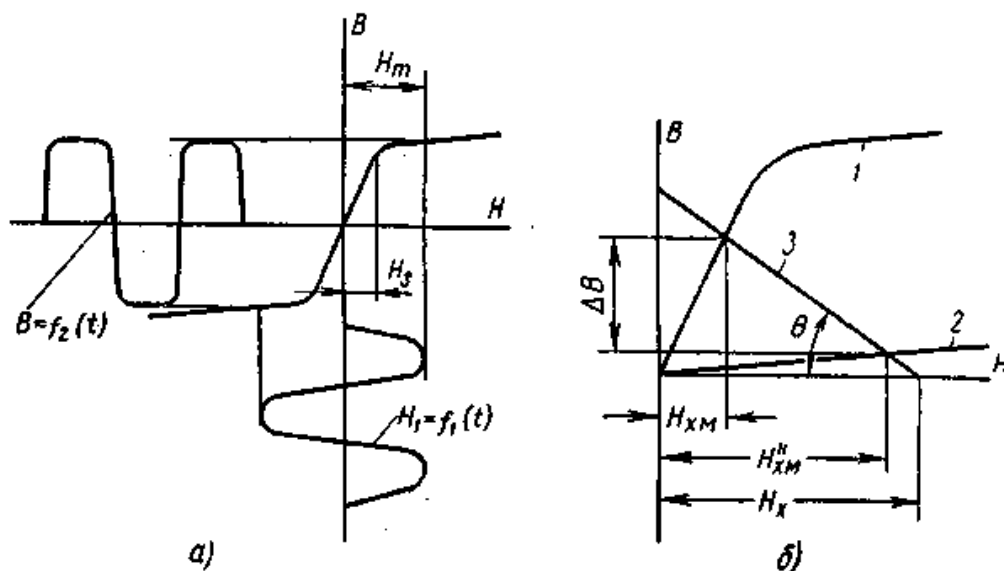


Рис. 1.9 Криві намагнічування осердя магнітометра: а — для змінного потоку; б — для вимірюваного поля; 1 — за відсутності насичення; 2 — для насиченого сердечника; 3 — лінія магнітного опору зазорів.

Пряма 3, проведена під кутом Γ до осі H ($\text{tg } \Gamma = G_{\Sigma} \frac{l}{S}$), характеризує магнітний опір зазорів; точка перетину її з кривою намагнічування осердя ферозонду —

розподіл магніторушійної сили між ферозондом і зазорами (B — зміна індукції в осерді при напруженості поля H_x).

Напруга другої гармоніки, що отримується на виході ферозонду, рівна

$$U_2 = H_{xm} S w_2 \frac{d\mu}{df} \quad (1.2)$$

або

$$U_2 = k * S * w_2 * \Delta B * f, \quad (1.3)$$

де k - коефіцієнт, визначуваний формою кривої напруженості змінного струму.

Максимальна величина U_2 має місце при

$$H_{xm} = \sqrt{2} H_s, \quad (1.4)$$

де H_s — напруженість поля початку насичення (див. рис. 1.9, а).

Величина H_{xm} пов'язана з напруженістю поля у вимірюваному просторі H_x співвідношеннями, представленими вище, або графіками на рис. 1.9.

На Рис. 1.8. приведені різні типи осердь і розташування обмоток. Останні дві схеми вимагають меншої потужності підмагнічування. Чутливість ферозонду з кільцевим осердям тим вище, чим більше відношення діаметрів осердя $d_{вн}/d_{нар}$.

Ферозонди із зміною напруги парних гармонік більш чутливі до слабких полів, чим ферозонди із зміною індуктивності.

Таким чином, неруйнівний контроль – це найважливіший засіб для забезпечення надійності рейок залізничного транспорту. Неруйнівний контроль може застосовуватися на різних етапах життєвого циклу об'єктів: на етапі виробництва з метою оцінки якості продукції; на етапі експлуатації з метою виявлення дефектів, усунення яких призводить до підвищення експлуатаційної надійності об'єктів контролю.

1.4 Огляд існуючих дефектоскопів

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

За допомогою МРД-66 виявляються поперечні дефекти в голівці рейки. На візку над кожною ниткою встановлені постійні магніти, які намагнічують рейки в поздовжньому напрямку. Магнітне поле над голівкою намагніченої рейки приймається шукачем з магніточутливого елемента ферозондового виду. Вишукувальних пристроїв - два (для правої і лівої ниток).

Дефектоскопи типу МРД виявляють такі дефекти як: злами без видимих вад; гартівні тріщини; втомні тріщини у вигляді світлої або темної плями, площею не менше 25% площі головки рейки і знаходиться від поверхні катання на глибині 4 мм і менше; тріщини внаслідок пошкодження рейок колесами з повзунами, ударами або інших пошкоджень.

Прилад Авикон-03 забезпечує комплексний достовірний контроль рейкового шляху (до 250 км за один проїзд) при швидкості до 60 км / ч. Магнітний канал представляє собою систему з динамічним намагнічуванням рейок. Електромагніти, розташовані на осях колісних пар дефектоскопічної візки, забезпечують стабільний магнітний потік потужністю від 9 МВБ. За допомогою приладу виявляються зварні дефекти глибиною до 8 мм при температурі від -40 до + 50 ° С. Розмежуються поверхневі ушкодження небезпечних вад [12].



Рисунок 1.10. Поєднаний вагон дефектоскоп Авикон-03М

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування типу дефекта

Було вирішено обрати дефект зламу рейки, який стався через утворення поперечної тріщини контактної втоми.

Показано, що основним видом пошкоджуваності рейок, що обумовлює їх вилучення з шляху в обсязі понад 50% загальної кількості рейок, що вилучаються, є дефекти контактної-втомного характеру. Походження яких пов'язано не з низькою чистотою сталі по неметалевим включенням, а з розвитком процесів деструкції поверхневого шару металу головки рейок.

Деструкція поверхневого шару металу головки рейок протікає під впливом циклічної пластичної деформації металу рейки в зоні контакту з колесом рухомого складу і складається з наступних етапів:

- утворення наклепаного шару з мікроструктурою волокнисто-деформованого перліту;
- утворення тріщин при деформації вже наклепаного зміцненого шару з волокнисто-деформованої мікроструктури і зниженими характеристиками пластичності;
- розвиток тріщин, утворення невеликих викришувань (піттингов) і подальший їх розвиток до утворення викришувань металу глибиною до 4,0 мм, а також утворення поздовжніх тріщин глибиною до 8 мм і більше з подальшим поворотом і розвитком поперечних втомних тріщин.

Розглядаючи практичні рішення описаної проблеми, зростання пошкоджуваності рейок дефектами контактної втоми не пов'язаними з їх металургійною якістю. Можна окреслити такі основні напрямки боротьби з явищем контактної втоми:

- розвиток засобів неруйнівного контролю (в першу чергу магнітних, вихорострумових), спрямованого на своєчасне виявлення поверхневого дефектного

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

шару, ураженого поверхневими тріщинами в голівці рейки, на самій ранній стадії їх розвитку з визначенням глибини таких тріщин;

– коригування періодичності, інтенсивності, а можливо, і технології шліфування рейок на підставі показань засобів неруйнівного контролю з проведенням шліфувань на ранніх стадіях розвитку дефектів;

– проведення комплексних науково-дослідних робіт по досягненню мікроструктури і фізико-механічних властивостей в голівці рейок, що перешкоджають процесам наклепу і деструкції поверхневого шару (розробка рейок з бейнітної сталі, рейок з нанодисперсною мікроструктурою). [13]

2.2 Розрахунок диференціального ферозонду з повздожнім збудженням

Оберемо:

Форма осердя – циліндр.

Діаметр осердя $d = 0,1$ мм.

Вхідна напруга – 1 мВ;

Неоднорідність поля – $50 \frac{\text{А}}{\text{м}}$

Чутливість ферозонду за другою гармонікою за розрахунками виходить – $\frac{1}{50} = 0,02 \frac{\text{мВ}}{\text{А}}$.

Марка матеріалу осердя – 79НМУ.

Вибір матеріалу осердя та його геометричних розмірів h, l, b .

$h=d=0,1$ мм

$b=h= 0,1$ мм оскільки форма осердя циліндр

Довжину осердя обираємо із $l=(80\dots 100)h= 90h= 9$ мм

$$S_0 = \frac{\pi}{4}d^2 = 0,008 \text{ мм}^2 \quad (2.1)$$

1) Розрахунок частоти струму збудження .

Обираємо $f \leq (4...16)h^{-2}$

$$f \leq 16h^{-2} \rightarrow f \leq 16 \cdot 100 \rightarrow f \leq 1600 \text{ Гц} \quad (2.2)$$

2) Вибір згідно з рекомендацією довжини вимірювальної обмотки l_2 .

$$l_2 = (0,4...0,5)l$$

$$l_2 = 0,45 \cdot l = 0,45 \cdot 9 = 4,05 \text{ мм} \quad (2.3)$$

3) Розрахунок коефіцієнту розмагнічування.

Припустимо, що вимірювальна обмотка розташовується на сердечниках симетрично відносно їх центрального поперечного перетину. Таким чином можна вирахувати коефіцієнт N розмагнічування сердечників:

$$N = d^2 \frac{\ln \frac{kl}{2d} - 1}{l^2 - \frac{c}{3} l_2^2} = \frac{0,01 \cdot (\ln \frac{2,4 \cdot 9}{0,2} - 1)}{81 - \frac{0,82}{3} \cdot 16,4025} = 4,8 \cdot 10^{-4} \quad (2.4)$$

Де d -ширина сердечника.

k -коефіцієнт, який залежить від форми сердечника.

Перевірка умови

$$N\mu_{d\max}^* \gg 1 \rightarrow 4,8 \cdot 10^{-4} \cdot 525000 = 252 \gg 1$$

Умова виконується.

4) Визначення відносної магнітної проникності осердь по формулі.

$$\mu_r^* \approx \frac{1}{N} \approx \frac{1}{4,8 \cdot 10^{-4}} \approx 2083,3 \quad (2.5)$$

5) Вибір співвідношення H_m/H_s та розрахунок величини A .

$$H_m/H_s > \sqrt{2} \rightarrow H_m/H_s \approx 5$$

$$A = \frac{H_s}{H_m} \sqrt{1 - \left(\frac{H_s}{H_m}\right)^2} \in [0,19...0,314] \quad (2.6)$$

$A = 0,2$					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) Вибір у відповідності до рекомендації $l/a \geq 20$ відстані a між середніми площинами осердь та визначення середнього діаметру d_{2cp} вимірювальної обмотки.

a -відстань між серединами сердечників.

$$\frac{l}{a} \geq 20 \rightarrow \frac{9}{a} \geq 20 \rightarrow a \in (0; 0,45] \rightarrow a = 0,45 \text{ мм} \quad (2.7)$$

d_{2cp} -середній діаметр вимірювальної обмотки

$$d_{2cp} = a + d + (2 \div 3)$$

$$d_{2cp} = 0,45 + 0,1 + 2 = 2,55 \text{ мм}$$

7) Розрахунок параметра V .

$$V = 2d \left(\ln \frac{kl}{2d} - 1 \right) \quad (2.8)$$

$$V = 2 \cdot 0,1 \left(\ln \frac{2,4 \cdot 9}{0,2} - 1 \right) = 0,736 \text{ мм}$$

8) Розрахунок коефіцієнта ε_1 .

ε_1 - залежить від відстані між сердечниками.

$$\frac{l}{L} > 20 \rightarrow L \in (0; 0,45) \rightarrow L = 0,4 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{2 - \exp\left(-\frac{L}{V}\right)}{2} \quad (2.9)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{2 - \exp\left(-\frac{0,4}{0,736}\right)}{2} = 0,71$$

9) Визначення коефіцієнта ε_2 .

ε_2 -коефіцієнт який залежить від середнього діаметра вимірювальної області.

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{\sqrt{1,5 \left(\frac{d_{cp}}{l} \right)^2 + 1}} \quad (2.10)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{\sqrt{1,5 \cdot \left(\frac{2,55}{9} \right)^2 + 1}} = 0,944$$

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

10) Обґрунтування коефіцієнту ε_3 .

Коефіцієнту ε_3 прирівнюється до "1" якщо у ферозондах всі деталі крім осердь, виготовляються з непровідних (діелектричних) і немагнітних матеріалів.

$$\varepsilon_3 = 1$$

11) Розрахунок коефіцієнта ε .

ε -безрозмірний коефіцієнт, який залежить від конструктивних параметрів ферозонда.

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 = 0,71 \cdot 0,944 \cdot 1 = 0,67 \quad (2.11)$$

12) Розрахунок числа витків вимірювальної обмотки W_2

$$W_2 = \frac{S_2}{32 f S_o \varepsilon \mu_T \mu_o \frac{H_s}{H_m} \sqrt{1 - \left(\frac{H_s}{H_m}\right)^2}} \quad (2.12)$$

$$W_2 = \frac{20 \cdot 10^{-6}}{32 \cdot 1600 \cdot 0,008 \cdot 10^{-6} \cdot 0,67 \cdot 2083,3 \cdot 12,57 \cdot 10^{-7} \cdot 0,2} \approx 140$$

13) Розрахунок індуктивного опору вимірювальної обмотки X_2

$$X_2 = \frac{8 f W_2^2 S_o \mu_o \mu_T \varepsilon_1}{l_2} \sqrt{2 \pi \arcsin \frac{H_s}{H_m}} \quad (2.13)$$

$$X_2 = \frac{8 \cdot 1600 \cdot 139^2 \cdot 0,008 \cdot 10^{-6} \cdot 12,57 \cdot 10^{-7} \cdot 2083,3 \cdot 0,71}{0,00405} \sqrt{2 \pi \arcsin 0,2}$$
$$= 1,021 \text{ Ом}$$

Вибір дроту вимірювальної обмотки і його діаметра d_2 .

Оберемо мідний дріт.

$$d_2 = 0,1 \text{ мм}$$

14) Розрахунок активного опору R_2 вимірювальної обмотки.

$$d_{2cp} = a + d + (2 \div 3) = 0,45 + 0,1 + (2/3) = 1,21 \text{ мм} \quad (2.14)$$

$$R_2 = \frac{4 \rho d_{2cp} W_2}{d_2^2} = \frac{4 \cdot 0,0175 \cdot 10^{-6} \cdot 1,21 \cdot 10^{-3} \cdot 139}{0,01 \cdot 10^{-6}} = 1,177 \text{ Ом} \quad (2.15)$$

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

15) Розрахунок модуля Z_2 комплексного опору вимірювальної обмотки .

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_2^2} = 1,558 \text{ Ом} \quad (2.16)$$

16) Вибір діаметра d_1 дроту для обмотки збудження, а також діаметра цього дроту з ізоляцією.

Мідний дріт.

$$d_1 = 0,2 \text{ мм}, d_{1\text{із}} = 0,23 \text{ мм}$$

17) Розрахунок ефективного значення $I_{\text{еф}}$ струму збудження для обраної заздалегідь кількості W_1 витків збуджуючої котушки.

$$W_1 = 60$$

$$I_{\text{еф}} = \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}} = \frac{H_m l_1}{\sqrt{2} W_1} = \frac{(3 \dots 5) B_s l_1}{\sqrt{2} W_1 \mu_0 \mu_T^*} = \frac{4 \cdot 0,073 \cdot 9 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2} \cdot 60 \cdot 12,57 \cdot 10^{-7} \cdot 2083,3} = 0,01182 \text{ А} \quad (2.17)$$

18) Визначення відносної магнітної проникності μ_T^* .

$$N = \frac{l \left(1 - \frac{c}{3} \right)}{d^2 \left(\ln \frac{kl}{2d} - 1 \right)}$$

$$\mu_{T1}^* = \frac{9 \left(1 - \frac{0,82}{3} \right)}{0,01 \left(\ln \frac{2,4 \cdot 9}{0,2} - 1 \right)} = 177,61 \quad (2.18)$$

19) Розрахунок індуктивного опору збуджуючих котушок X_1 .

$$X_1 = \frac{4 f W_1^2 S_o \mu_0 \mu_{T1}^*}{l} \sqrt{2\pi \arcsin \frac{H_s}{H_m}} = 0,04283 \text{ Ом} \quad (2.19)$$

20) Вибір середнього діаметра обмотки збудження.

$$d_{1\text{ср}} = d + (0,5 \dots 1,5) \quad (2.20)$$

$$d_{1\text{ср}} = 0,2 + 0,1 = 0,3 \text{ мм}$$

21) Розрахунок активного опору R_1 обмотки збудження.

$$R_1 = \frac{4 \rho d_{1\text{ср}} W_1}{d_1^2} = \frac{4 \cdot 0,0175 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 60}{0,2^2 \cdot 10^{-6}} = 0,0315 \text{ Ом} \quad (2.21)$$

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

22) Визначення модуля Z_1 комплексного опору обмотки збудження.

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} = \sqrt{0,0315^2 + 0,04283^2} = 0,53166 \text{ Ом} \quad (2.22)$$

23) Визначення ефективного значення робочої напруги $U_{\text{еф}}$.

$$U_{\text{еф}} = Z_1 I_{\text{еф}} = 0,53166 \cdot 0,01182 = 6,28 \cdot 10^{-3} \text{ В} \quad (2.23)$$

24) Розрахунок повної S (45), активної P та реактивної Q потужностей, що витрачаються на збудження ферозонду.

$$S = U_{\text{еф}} I_{\text{еф}} = 6,28 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01182 = 7,428 \cdot 10^{-5} \text{ Вт} \quad (2.24)$$

$$P = R_1 I_{\text{еф}}^2 = 0,0315 \cdot 0,01182^2 = 4,4 \cdot 10^{-6} \text{ Вт} \quad (2.25)$$

$$Q = X_1 I_{\text{еф}}^2 = 0,04283 \cdot 0,01182^2 = 5,98 \cdot 10^{-6} \text{ Вт} \quad (2.26)$$

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

РОЗДІЛ 3. ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

3.1 Структурна схема

Для контролю головки залізничних рейок використовується ферозондовий метод, для якого спроектовано структурну схему (рис. 3.1), за допомогою якої буде проводитися контроль залізничних рейок.

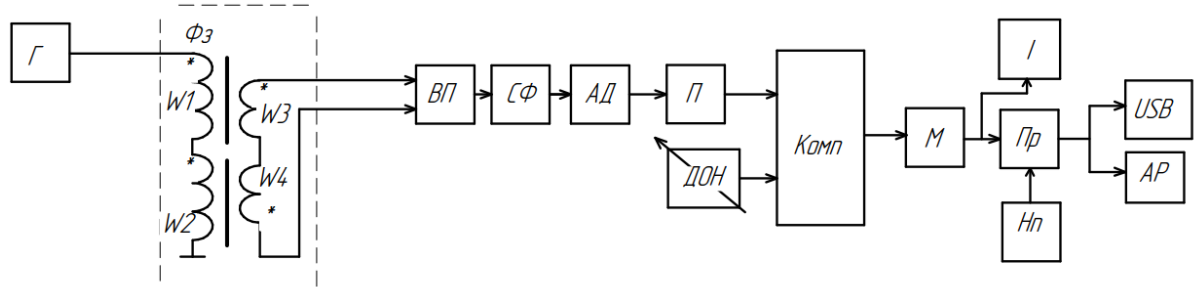


Рисунок 3.1. Структурна схема

На структурній схемі рисунок 3.1. показані блоки, де Г – генератор зондуючих імпульсів, ФЗ - ферозонд, ВП – вхідний підсилювач, СФ – смуговий фільтр, АД – амплітудний детектор, П – повторювач, ДОН – джерело опорної напруги, КОМП – компаратор, НК – пристрій навігаційної прив’язки, USB - драйвер USB, М – мультивібратор, АР – автоматичний реєстратор, ПР – процесор, І - індикатор.

3.2 Функціональна схема

Розроблена функціональна схема (рис. 3.2) на основі структурної.

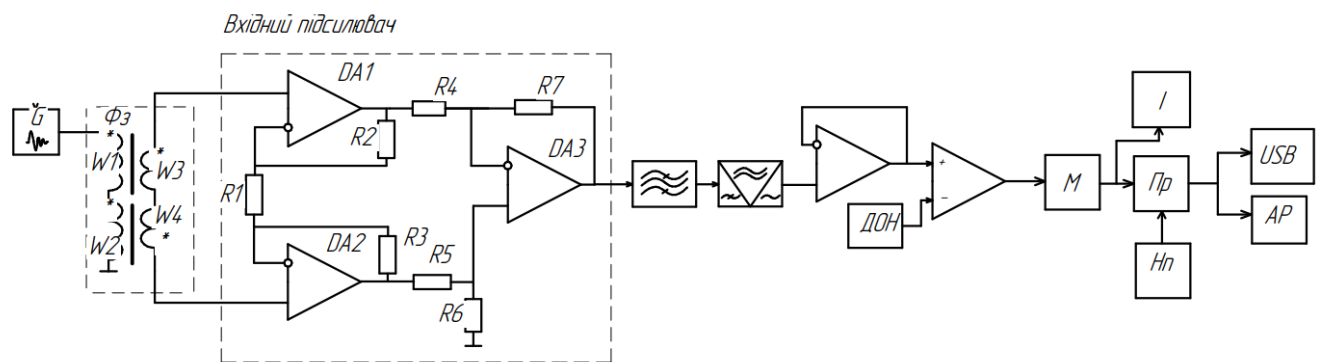


Рисунок 3.2. Функціональна схема

Генератор (Г) створює сигнал у вигляді гармонічного струму для живлення збуджуючої котушки, магнітне поле якої збуджує вихрові струми в ОК. Вимірювальна котушка приймає вихрові струми з ОК та подає сигнал на вимірювальний підсилювач (ВП). Вихідним сигналом буде значення вносимої напруги. Вимірювальний підсилювач узгоджує ВСП з електричною схемою та підсилює сигнал, в ньому передбачене регулювання коефіцієнту підсилення. Смугований фільтр (СФ) повинен виділяти корисну другу гармоніку вихідного сигналу ферозонда і подавлять всі інші. Детектор (АД) повинен формувати амплітудне значення вхідного сигналу. Повторювач узгоджує амплітудний детектор і компаратор. Компаратор має низький опір і він може АД просто зашунтувати, тому повторювач має високий вхідний опір і низький вихідний опір. ДОН регульований для того, щоб можна було підстроювати рівень спрацьовування компаратора для різних типів дефектів. Перевищення рівня напруги ДОН свідчитиме про те, що на вимірювальній ділянці присутній дефект, в такому випадку засвітиться індикатор (І) представлений у вигляді світлодіоду. Компаратор формує дуже короткий сигнал, для отримання більш довгого імпульса встановлюємо мультивібратор (М), він розширює сигнал для можливості візуальної індикації. За рахунок введення, в структуру дефектоскопу, пристрою навігації отримані дані мають просторову прив'язку. Дані записуються в блоці

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

автоматичного реєстратора, також ми можемо їх скачувати на комп'ютер через драйвер USB.

3.3. Технологія контролю рейок в динамічному режимі

Дефектоскопний візок відноситься до залізничного транспорту, як засіб контролю рейок вкладених в шлях для магнітного або ультразвукового методу контролю.

3.3.1 Конструкція індукторного візка

Індукторний візок (Рисунок 3.3) служить для підвіски електромагнітів. Він складається з плоскої звареної рами 4, двох крайніх коліс 11 і двох середніх 10. Між середніми колісними парами розміщуються електромагніти 5, підвішені до рами візка. Візок тягами 2 і 9 пов'язаний з рамою вагона, що підвішені до рами візка 6. Тягі візка кріпляться до кронштейнів 1 і 7 на хребтовій балці вагона так, щоб було можливе вільне пересування візка і вписування вагона разом з нею в кривих ділянках колії. Для цього між кожним кронштейном і буферної пружиною 12 (8) встановлені шайби зі сферичною поверхнею, які дозволяють тязі відхилятися на певний кут горизонтально і вертикально. Тому на індикаторний візок при русі не впливають коливання рами (кузова) вагона на ресорах, а також відхилення від осі колії в кривих. Буферні пружини 12 (8) служать для пом'якшення ударів при різких змінах швидкості руху вагона. Пружини натягуються підгортанням гайок на кінцях тяг. При неправильному натягу порушується плавність руху візка при прискоренні або уповільненні руху вагона. Візок починає рухатися поштовхами, що може викликати появу додаткових сигналів в шукачів. Для нормальної роботи дефектоскопа необхідно, щоб при русі по шляху зазор між полюсами електромагнітів і рейками зберігався незмінним. Тому рама індукторного візка з

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

підвішеними на ньому електромагнітами спирається на дві середні безребордні колісні пари без підressорування. При цьому ресори крайніх колісних пар відрегульовані так, що на них передається приблизно дві третини ваги рами. Такий розподіл навантаження на колісні пари запобігає сходу візка з рейок і зберігає незмінною величину повітряного зазору між полюсами електромагніту і рейками.

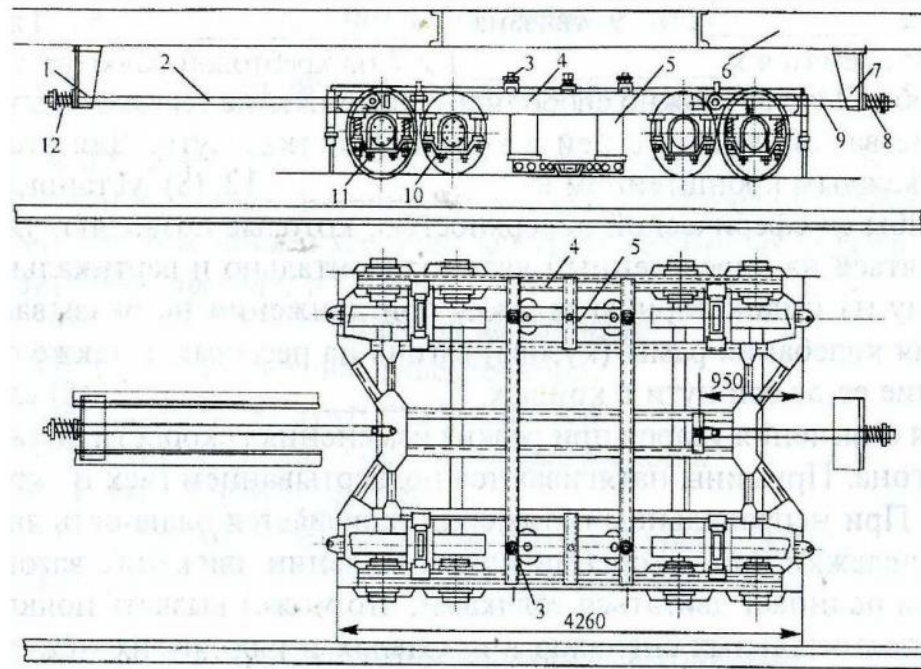


Рисунок 3.3. Індукторний візок

3.3.2 Система дефектоскопа, що намагнічує

Рейки намагнічуються П-образними електромагнітами - по одному на кожен рейкову нитку шляху. Електромагніти підвішені до рами індукторного візка на гвинтових серезках 1 (Рисунок 3.4). Це дозволяє регулювати зазор між полюсами електромагніту і рейкою, встановлюючи потрібну їх величину, однакову для обох полюсів. Величина зазорів перевіряється за допомогою немагнітних пластинок при включеному робочому струмі в обмотках електромагніту (16 - 18А); величина зазорів повинна бути 8 -10 мм. Каркасом намагнічуваних котушок електромагніту служать залізна гільза 2 і текстолітові щічки 3. Гільза ізолювана від обмотки шаром пресшпану. Обмотка котушок просочена ізоляційним лаком і зовні покрита

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПК 71.030000.000ПЗ

Арк.

51

воднепроникненим шаром і захисним залізним кожухом 4. Котушки вільно надягаються на сердечники і затискаються пласкими наконечниками 5. Для щільної посадки катушок і запобіганню можливості їх повороту на полюсах, катушки після установки наконечників розклинюються дерев'яними клинами. Для установки вишукувальних пристроїв полюсні наконечники електромагнітів з'єднуються двома паралельними зв'язками 7 з немагнітних матеріалів (дюралюмінієві пластини товщиною 8-10мм). Катушки електромагніту з'єднуються послідовно, при цьому їх кінці, звернені до рейки, повинні мати протилежну полярність. Номінальна величина намагнічуваного струму в катушці 17 - 18А.

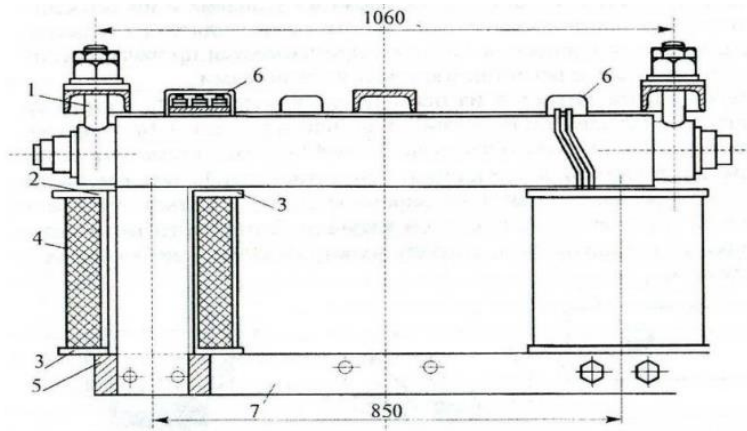


Рисунок 3.3. Електромагніт

3.3.3 Система дефектоскопа, що намагнічує

У дефектоскопа пошуковий пристрій (Рисунок 3.4) складається з індуктивної катушки і лижі, за допомогою якої катушка ставиться на поверхню катання головки і переміщається уздовж рейки. Індукційна катушка вставляється в корпус 4, укріплений на лижі 3. Одним кінцем лижа кріпиться на осі 2, яка закріплена в паралельних зв'язках 1. Каркас катушки виконаний з немагнітних матеріалів (текстоліту, плексигласу і т. д.) Лижа виготовляється з немагнітних матеріалів, наприклад немагнітної сталі. Частина лижі, що ковзає по рейці, має товщину 0,8 - 1 мм і довжину 40-50 мм. Застосовувати лижі більшої товщини і довжини недоцільно,

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

так як через нерівності дна і рейки це призводить до видалення котушки від поверхні катання і знижує чутливість дефектоскопа.

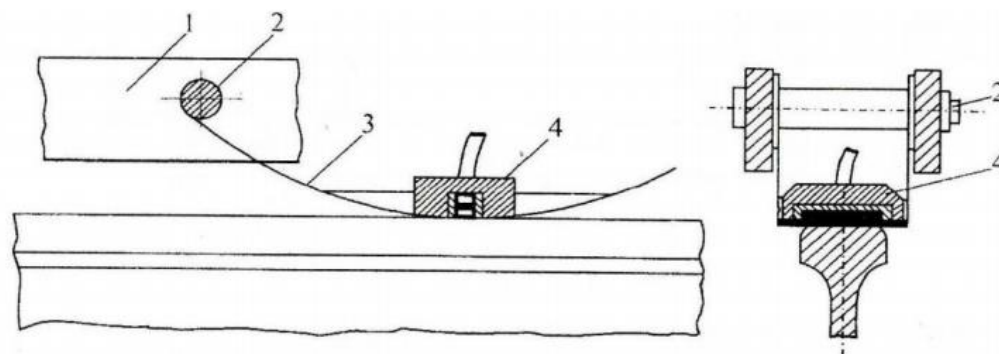


Рисунок 3.4. Лижа з пошукової котушки

Конструкція лижі виключає можливість поперечних зсувів шукача щодо зв'язків 1, допускаючи при цьому вільне обертання його на осі 2. До рейки лижа притискається пружиною. Натискання не повинно бути занадто сильним (0,2-0,3 кгс), так як це призводить до швидкого зносу дна лижі. Але воно повинно бути достатнім, щоб повертати лижу в початкове положення в разі ударів при проходженні по стиках, попаданні сторонніх предметів і т.д.

Таким чином дана конструкція забезпечує контакт і не пошкодження датчиків на стиках. Для того щоб охоплювати всю поверхню головки рейки в корпусі 4 закріпимо 8 ферозондових перетворювачів. Розмістимо їх через один з осердями навхрест, що дозволить нам виявляти дефекти різної орієнтації.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПК 71.030000.000ПЗ

Арк.

53

ВИСНОВОК

Проведений аналіз сучасного стану неруйнівного контролю на залізничному транспорті доводить, що у практиці дефектоскопії в період їх виготовлення та ремонту найбільше поширення отримав ультразвуковий та магнітопорошковий методи. Кожен метод має ряд недоліків, найбільш значні з яких такі: підвищенні вимоги до якості стану поверхні, невелика глибина пошуку дефектів, неможливість автоматизації процесу та участь у контролі людини-оператора, що знижує достовірність отриманих даних. Застосовувані в даний час методи неруйнівного контролю залізничних колій характеризуються суб'єктивністю в оцінці дефектів і складністю або неможливістю автоматизації процесу контролю.

Ферозондовий метод дозволяє контролювати рейки у великих температурних діапазонах, має високу чутливість до магнітного поля, нехтує забрудненнями або лакофарбним покриттям.

Основні недоліки ферозондового методу частково вирішені, а сам метод, в порівнянні з іншими, має значні перспективи найбільш широкого використання на ремонтних залізничних підприємствах.

Таким чином, згідно з проведеним порівняльним аналізом сучасного стану методів контролю залізничних колій доцільно звернути увагу на подальший розвиток та використання для вирішення завдань неруйнівного контролю рейок перспективного ферозондового методу [11].

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Контроль залізничних рейок на наявність дефектів у процесі виробництва. [Електронний ресурс]. – 2012. – Режим доступу до ресурсу: https://knowledge.allbest.ru/manufacture/3c0b65635b2bd68b5d43a88521306c36_0.html.

[2] Інформація про Українські залізниці [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mtu.gov.ua/content/informaciya-pro-ukrainski-zaliznici.html>.

[3] Рудюк А. С. Результаты предварительных испытаний рельсов из кислородно-конверторной стали / А. С. Рудюк, А. В. Восковец, В. А. Дурасов. – 2013.

[4] Кирищева В. И. Неразрушающий контроль в диагностике рельсов: характеристика, необходимость применения / В. И. Кирищева // Проблемы и перспективы современной науки: материалы VIII Международной научно - практической конференции / В. И. Кирищева. – Ставрополь: Логос,, 2015. – С. 9–16.

[5] Классификация дефектов рельсов [Електронний ресурс]. – 2012. – Режим доступу до ресурсу: http://tatskom.ru/wp-content/uploads/2012/11/deffecti_rels.pdf.

[6] Распоряжение ОАО "РЖД" от 27.04.2016 N 777р "Об утверждении Концепции развития систем диагностики и мониторинга объектов путевого хозяйства на период до 2025 года" [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://bazanpa.ru/oao-rzhd-rasporiazhenie-n777r-ot27042016-h3506419/kontseptsia/5/5.6/>.

[7] Галаган Р. М. Теоретичні основи ультразвукового неруйнівного контролю: підручник / Р. М. Галаган. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 263

[8] Куц Ю.В. Магнітний неруйнівний контроль: Навчальний посібник / Ю.В. Куц, А.Г. Протасов, В.К. Цапенко, В.С. Єременко, Ю.Ю. Лисенко – К: НТУУ "КПІ". – 2012. – 139 с.

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[9] Куц Ю.В. Технології електромагнітного неруйнівного контролю. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] / Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 63 с.

[10] Петухов В. Ф. Неразрушающий контроль рельс / В. Ф. Петухов. – Волгоград: РОСЖЕЛДОР Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС) Волгоградский техникум железнодорожного транспорта (ВТЖТ – филиал РГУПС), 2017. – 154 с.

[11] Губаревич О.В. Аналіз методів неруйнівного контролю осей колісних пар. / Губаревич О.В., Шведчикова І.О. // Збірник наукових праць ДУІТ. / Губаревич О.В., Шведчикова І.О., 2018. – («Транспортні системи і технології»; вип. 32).

[12] Прибори для контролю сварних стыков в рельсах [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://elsvarkin.ru/tehnologiya/kontrol/pribory-styky-relysy>.

[13] S. Maievskiy, I. Lysenko, Y. Kuts, A. Protasov, and O. Dugin, “Study of Parametric Transducer Operation in Pulsed Eddy Current Non-Destructive Testing”, in Proc. 2018 IEEE Int. Conf. on Electronics and Nanotechnology, Kyiv, 2018, pp.594 – 597.

[14] I. Lysenko, V. Eremenko, Y. Kuts, A. Protasov, V. Uchanin, “Advanced Signal Processing Methods for Inspection of Aircraft Structural Materials”, Transactions on Aerospace Research, vol. 2 (259), pp. 27-35, 2020.

[15] Y. Kuts, «Methodology for Measuring Phase Shifts of Signals Using Discrete Hilbert Transform», International Conference on Measurement. Conf. proc. – Smolenice, Slovakia. – 2021. – pp. 18 - 21.

					ПК 71.030000.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56