

УДК 629.423

*Інженери Петренко В.О., Серняєв О.Г.,
Браславець Ю.В.*

НОВІ ПІДХОДИ ДО РЕМОНТУ ЗВАРЮВАННЯМ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

Ключові слова: зварювання, несучі конструкції, ремонт, рухомий склад, новий підхід

Вступ та постановка проблеми

На даний час більша частина рухомого складу (далі – РС) ПАТ «Укрзалізниця» експлуатується за межами призначеного терміну служби [1], або близькі до цього стану. Із зростанням термінів експлуатації у несучих конструкціях РС відбувається зміна фізико-механічних властивостей металу за рахунок:

- зносу вузлів і деталей, внаслідок чого зменшується запас міцності, міняється схема навантаження;
- природного старіння матеріалу (корозія і т. д.);
- накопичення в процесі експлуатації під дією динамічних навантажень втомних змін стану матеріалу.

При тривалій експлуатації в найбільш навантажених місцях несучих конструкцій РС виникають механічні руйнування (тріщини, зношення поверхні і т.д.), які потребують відновлення.

В силу перелічених факторів особливої актуальності набувають питання ремонту механічних руйнувань несучих конструкцій РС, що експлуатується за межами призначеного терміну служби. Діючі в ПАТ «Укрзалізниця» нормативні документи по зварюванню та наплавленню при ремонті були розроблені для РС, що не перетнув межу свого призначеного терміну служби. Після того, як несучі конструкції відпрацювали призначений термін служби, вони вже вичерпують свій ресурс заявлений в технічних умовах (ТУ) виробника на їх виготовлення, а отже переходять на якісно новий рівень. Тому ремонт зварюванням чи наплавленням руйнувань несучих конструкцій РС, який експлуатується за межами призначеного

терміну служби згідно діючих галузевих нормативних документів в багатьох випадках є неможливим і потребує нових підходів до їх виконання.

Літературний огляд

На даний час в ПАТ «Укрзалізниця» діють наступні основні нормативні документи щодо технологій зварювання та наплавлення несучих металевих конструкцій при ремонті залізничного рухомого складу:

- Правила ремонту ЦТ-0227 [2] для ТРС і МВРС;

- Інструкція ЦЛ-0026 [3] для пасажирських вагонів;

- Інструкція ЦВ-0019 [4] для вантажних вагонів та контейнерів.

Ці нормативні документи регламентують можливість та порядок виконання ремонту несучих конструкцій РС зварюванням та наплавленням.

Мета статті

Висвітлення проблем стану РС та аналіз можливостей застосовності нових підходів до ремонту зварюванням та наплавленням пошкоджених несучих металевих конструкцій РС що експлуатується за межею призначеного терміну служби.

Основний матеріал досліджень

Якість зварних з'єднань елементів металевих конструкцій РС залежить від факторів наведених на схемі, яку представлено на рисунку 1.

При ремонті РС ми маємо справу вже з готовими конструкціями, тому в рамках даної статті ми розглянемо тільки технічні фактори, які впливають на якість ремонту зварюванням та наплавленням пошкоджених несучих металевих конструкцій РС та нові, більш прогресивні підходи по підвищенню їх якості. Як було сказано вище, ремонт зварюванням та наплавленням пошкоджених несучих конструкцій РС, що експлуатується за межею призначеного терміну служби, потребує більш жорстких вимог до технологій зварювання та нових підходів до їх проведення, а саме:

1. Застосування сучасного зварювального обладнання та зварювальних матеріалів;
2. Документування всіх процесів ремонту;

3. Підвищення вимог до кваліфікації персоналу що задіяний при ремонті;

4. Застосування сучасних методів неруйнівного контролю для оцінки якості зварювання (далі – НК);

5. Застосування затверджених проектів модернізацій;

6. Застосування заходів щодо зменшення напружень та деформацій у елементах несучих конструкцій РС при їх зварюванні.

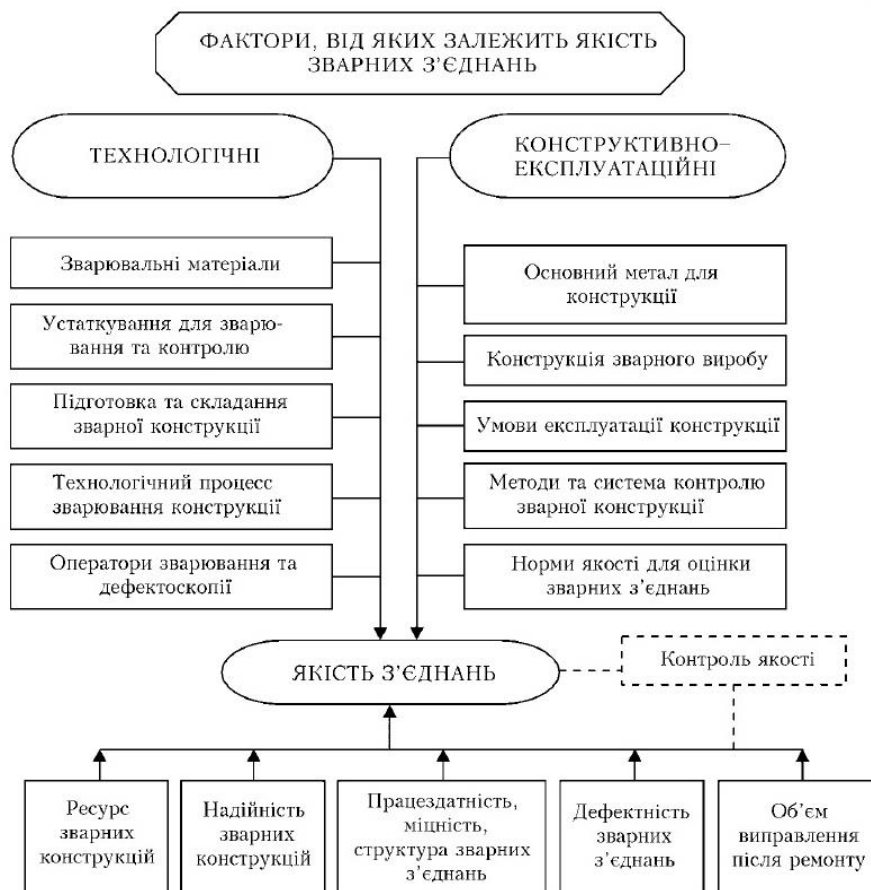


Рис. 1 – Фактори що впливають на якість і ресурс зварних з'єднань

Розглянемо перелічені фактори більш детально.

1. Застосування сучасного зварювального обладнання та зварювальних матеріалів

На даний час основними способами зварювання та наплавлення, які застосовуються при виконанні ремонтів металевих несучих конструкцій РС в депо ПАТ «Укрзалізниця» являються:

- ручне електродугове зварювання покритими електродами (більше 85% всіх робіт, що виконуються);
- напівавтоматичне зварювання в середовищі газу CO₂ (≈4% всіх робіт);
- автоматичне наплавлення (≈4% всіх робіт);

- газове зварювання і пайка (≈2% всіх робіт).

Як було сказано вище, більше 85% всіх робіт в ремонтних депо виконується ручним електродуговим зварюванням звичайними електродами. Недоліками цього способу зварювання є:

- використання в депо застарілого зварювального обладнання, що в більшості випадків виробило свій ресурс і не забезпечує необхідних режимів зварювання (рис. 2);
- необхідність високих вимог до кваліфікації зварювальників;
- високі вимоги до умов зберігання електродів, які не завжди виконуються;
- необхідність зачистки зварного з'єднання

від шлаку після кожного проходу, що не завжди виконується.

На даний час в машинобудуванні все більше застосування знаходить напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів, основними перевагами якого є:

- висока продуктивність (у 2 рази вище, ніж при ручному дуговому зварюванні покритими електродами);

- ефективний захист розплавленого металу у зварювальному шві, особливо при використанні суміші активних і інертних газів;

- нижчі вимоги до кваліфікації зварювальників, за рахунок здатності сучасних напівавтоматів автоматично коригувати режими зварювання, при зміні певних параметрів (довжина дуги, коливання напруги первинного ланцюга і так далі);

- широкий діапазон товщини що допускається зварюваних металів;

- можливість зварювання в різних просторових положеннях;

- відсутність необхідності зачищати шви від шлаку при багатошаровому зварюванні;

- зона термічного впливу значно менше, ніж при ручному дуговому зварюванні покритими електродами;

- можливість використання спеціальних режимів для забезпечення формування кореня шва;

- можливість виконання зварювання при мінімальному розкритті тріщин у елементах що зварюються.

Зважаючи на це, необхідно при ремонті відповідальних деталей та вузлів РС переходити на сучасне автоматичне та напівавтоматичне обладнання для зварювання в середовищі захисних газів (рис. 3), що суттєво підвищить якість виконання зварювальних робіт.

Також на якість зварювання суттєво впливають зварювальні матеріали, що використовуються при проведенні робіт. При виборі зварювального матеріалу необхідно враховувати матеріал конструкції, що зварюється, умови її експлуатації і т.д. В промисловості постійно з'являються нові вузькоспеціалізовані зварювальні матеріали для проведення ремонтних робіт. Так, наприклад, одним із лідерів серед виробників таких матеріалів є компанія ESAB (рис. 4), яка випускає посібники по вибору зварювальних матеріалів для

проведення ремонту за допомогою зварювання.

2. Документування процесів ремонту

Процес ремонту несучої конструкції РС, що зазнала руйнувань, складається з наступних етапів:

- дослідження руйнування та прийняття рішення щодо можливості ремонту;

- розробка технологічної та конструкторської документації на ремонт;

- проведення ремонту згідно розробленої документації;

- перевірка якості виконаних робіт.

Всі ці процеси повинні буди належним чином задокументовані, що забезпечує простежуваність виконання даних робіт.

На кожний окремих випадок руйнування відповідальної несучої деталі чи вузла РС повинна бути розроблена ремонтна документація, яка регламентує порядок виконання ремонту ушкодженої конструкції та містити повну та вичерпну інформацію, що необхідна для якісного виконання ремонтних робіт.

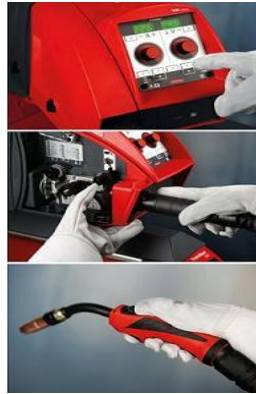
Ремонтна документація повинна розроблятися в технічному відділі підприємства інженером-технологом, який має відповідний досвід роботи на залізничному транспорті не менше одного року. Якщо на ремонтному підприємстві відсутні спеціалісти необхідної кваліфікації, то технологічну інструкцію повинна розробляти на договірних умовах спеціалізована організація, яка відповідає встановленим вимогам.

Ремонтна документація що розробляється обов'язково повинна містити: детальне описання виявлених дефектів (ескізи, фотографії), розрахунок на міцність ушкодженої деталі чи вузла із застосуванням запропонованих варіантів відновлення, порядок і технологію виконання ремонту, підбір зварювальних матеріалів для забезпечення оптимального зварювання, вимоги до зняття зварювальних напружень, вимоги до перевірки якості зварювальних робіт, вимоги до персоналу, вимоги до обладнання, вимоги безпеки та, за необхідності, конструкторську документацію на даний ремонт.

Ефективність проведення ремонту повинна перевірятися на основі результатів розрахунків на міцність і втомну довговічність вузла чи деталі що ремонтується, із урахуванням залишкових зварювальних напружень (рис. 5).



Рис. 2 – Застаріле зварювальне обладнання, що використовується в депо



Зварювальний напівавтомат
Fronius TransSteel 5000

Апарат для плазмового
різання Powermax 85

Рис. 3 - Сучасне зварювальне обладнання для зварювання в середовищі захисних газів



Рис. 4 - Зварювальні матеріали компанії ESAB

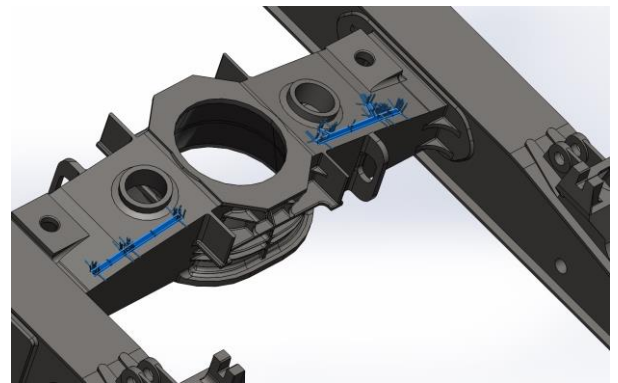


Рис. 5 - Моделювання термічних впливів від усунення дефектів вузла методом зварювання

Після усунення руйнувань зварюванням та у випадку позитивних результатів перевірки якості виконання зварних з'єднань методами неруйнівного контролю (НК), необхідно задокументувати технічні дані щодо виконаного

ремонту та занести їх до паспорту одиниці РС, яка була відремонтована. Дані щодо проведення ремонтних робіт повинні заноситися до бланку, який складає відділ технічного контролю підприємства, що виконувало ремонт. До бланку обов'язково має бути занесено наступні дані:

- назва вузла або деталі, які ремонтувалися;
- місце та дата проведення ремонту;
- технічний документ, згідно з яким виконували ремонт;
- ескіз дефекту (місце розташування, довжина тріщини тощо);
- прізвище, ім'я та по-батькові (ПБ), номер посвідчення та підпис зварника, що виконував зварювальні роботи;
- ПБ фахівця з інженерно-технічного персоналу підприємства, що виконував керівництво зварювальними роботами;
- ПБ та підпис фахівця, що виконував НК зварного з'єднання усунутої тріщини та номера протоколів контролю;
- відмітка відділу технічного контролю (ВТК) підприємства, що виконувало ремонт, або головного технолога, якщо ремонт виконувався у залізничному депо;
- позначення та назва проекту модернізації, якщо виконувалась модернізація ушкодженого вузла чи деталі.

Складання та заповнення таких бланків забезпечує простежуваність проведення ремонтних робіт, можливість подальшого контролю під час експлуатації РС та збільшує персональну відповідальність ремонтного персоналу щодо виконання зварювання.

3. Підвищення вимог до кваліфікації персоналу що задіяний при ремонті

Одним із основним чинників, що впливає на якість проведення ремонтних робіт є кваліфікація персоналу. Зварювальні роботи на відповідальних вузлах та деталях РС, що експлуатується за межами призначеного терміну служби повинні виконуватись зварниками, які витримали теоретичні та практичні іспити і мають посвідчення встановленого зразку. Зварники обов'язково повинні бути атестовані згідно галузевого стандарту СОУ 35.2-00017584-030 [5, 6], який враховує специфіку зварювальних робіт при виготовленні, ремонті та модернізаціях об'єктів залізничного транспорту.

Керівництво та контроль за дотриманням технології і якості зварювальних робіт повинен здійснюватися інженерно-технічним персоналом, який знає технологію ремонту несучих металевих конструкцій РС, положення діючих стандартів, технологічних процесів та іншої нормативної документації щодо зварювання даного виробу.

4. Застосування сучасних методів НК

Важливим фактором для забезпечення можливості ремонту несучої конструкції, що зазнала руйнування, є своєчасне виявлення пошкоджень (тріщин), доки вони не розвинулися до розмірів коли їх неможливо буде усунути.

На жаль і досі основним методом НК, який застосовується в депо для контролю несучих конструкцій РС залишається так звана «крейдо-гасова проба» (рис. 6), яка вже не відповідає сучасним вимогам неруйнівного контролю.



Рис. 6 - Крейдо-гасова дефектоскопія зварних з'єднань рами візка електровоза

Існує ряд нових методів НК, таких як капілярний, магнітопорошковий (рис. 7) та інші, які дозволяють виявляти тріщини на ранніх етапах розвитку, розміром до 5 мм, що суттєво спрощує проведення ремонту металоконструкцій.

Дуже часто при визначенні кінців та конфігурації тріщин в несучих конструкціях РС в умовах депо використовують нагрів зони виникнення тріщини газополум'яним способом (рис. 8). Цей метод є «варварським» по відношенню до несучої конструкції, тому що при нагріві змінюється структура метала та вигорає вуглець, що погіршує якість зварного з'єднання при усуненні тріщини в даному місці.

Застосування магнітопорошкового методу НК дозволяє чітко визначати кінці та конфігурацію тріщин без застосування газополум'яного способу (рис. 9).

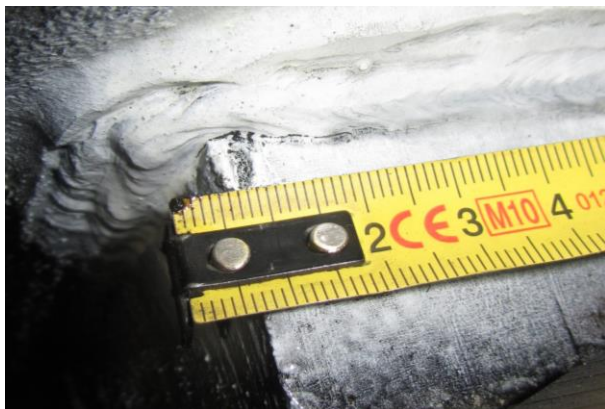


Рис. 7 - Виявлення тріщини в рамі візка електровоза ЧС2 за допомогою магнітопорошкової дефектоскопії



Рис. 8 - Рама кузова вагона-зерновоза за наслідками виявлення тріщини газополум'яним способом

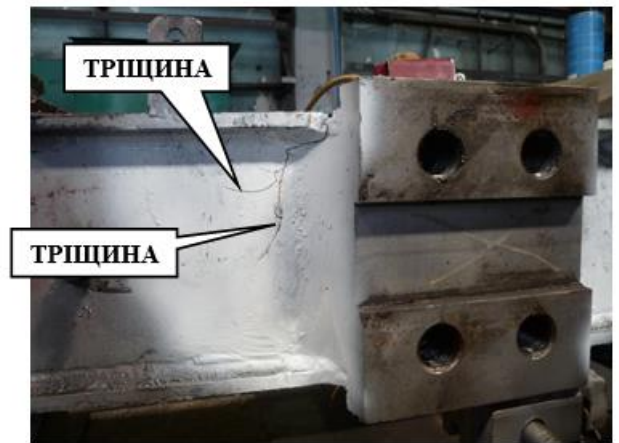


Рис. 9 - Визначення кінців тріщин та їх конфігурації в рамі візка електровоза серії ЧС4 магнітопорошковим методом НК

Після виконання ремонту зварюванням відповідальних деталей та вузлів РС, якість виконаних зварних швів при ремонті обов'язково необхідно перевіряти методами НК (рис. 10), зі складанням відповідних протоколів.

Зважаючи на вищесказане, необхідно в умовах залізничних депо відмовитися від крейдо-газової проби і перейти на використання сучасних методів неруйнівного контролю.

5. Застосування модернізацій при ремонті несучих металоконструкцій РС

Для характерних місць виникнення руйнувань несучих металевих конструкцій РС необхідно розробляти проекти модернізації, метою яких є запобігання виникненню в цих місцях подальших руйнувань при експлуатації. Ці проекти модернізації повинні пройти постановку на виробництво згідно вимог діючої нормативної документації [7, 8].

Нажаль, розповсюдженою практикою при виконанні ремонту ушкоджених несучих конструкцій РС в умовах депо є встановлення "посилюючих" накладок, після усунення тріщин, без будь-яких проектів. Але є велика кількість нюансів, які потрібно знати і врахувати при застосуванні накладок. Неправильне застосування «посилюючих» накладок може призвести до зворотного ефекту (рис. 11).



Ультразвуковий контроль



Магнітопорошковий контроль

Рис. 10 - Перевірка якості ремонту металоконструкцій зварюванням методами НК



Рис. 11 - Тріщина що виникла під «посилюючою» накладкою

Застосовувати підсилюючі накладки потрібно і доцільно тільки тоді, коли проектні розрахунки показують, що значення напружень, які виникають під час їх встановлення є допустимими і не збільшують загальної величини напружень у деталі що ремонтується.

5. Заходи щодо зменшення напружень та деформацій при зварюванні

Після виконання ремонтних робіт повинні бути виконані заходи щодо зменшення напружень та деформацій, які виникають у ремонттованих деталях внаслідок процесів зварювання.

Останнім часом окрім класичних методів зняття залишкових зварювальних напружень з'являються нові перспективні методи. Так в філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» (НДКТІ) ПАТ «Укрзалізниця» проходить випробування спосіб підвищення експлуатаційного ресурсу зварних з'єднань за

допомогою технології високочастотної механічної проковки для зняття зварювальних напружень, розробленої інститутом металофізики ім. Г.В. Курдюмова, сумісно з інститутом електрозварювання ім. Є. О. Патона (рис. 12).



Рис. 12 - Загальний вид установки для високочастотної механічної проковки зварних з'єднань USP-300

Впровадження нових підходів до ремонту зварюванням РС

У 2011 році на базі філії «НДКТІ» ПАТ «Укрзалізниця» було сформовано відділ зварювання та ремонту залізничного рухомого складу. Основними напрямками діяльності цього відділу є:

- розробка ремонтної документації на відновлення несучих конструкцій, вузлів та деталей РС;

- розробка проектів модернізації несучих конструкцій РС;
- виконання дослідних та початкових серій ремонтів і модернізацій РС;
- розробка нормативної документації з ремонту рухомого складу із застосуванням зварювальних технологій;
- впровадження на підприємствах ПАТ «Укрзалізниця» новітніх технологій зварювання та наплавлення.

Відділ зварювання та ремонту філії «НДКТІ» ПАТ «Укрзалізниця» накопив великий досвід з ремонту і модернізації несучих конструкцій залізничного рухомого складу, має висококваліфікованих фахівців та сучасне обладнання. Всі зварювальні роботи виконуються з використанням високоякісних зварювальних матеріалів і з суворим дотриманням технологічних вимог.

Рівень кваліфікації співробітників відділу зварювання та ремонту філії «НДКТІ» ПАТ «Укрзалізниця» і його технічного оснащення дозволяє виконувати ремонти «складних» випадків руйнувань несучих конструкцій (рис. 13 та 14), що надає можливість подальшої експлуатації всієї одиниці РС. Так за 2012 – 2017 роки відділом зварювання та ремонту було виконано ремонти та модернізації понад 60 рам візків та кузовів тягового і моторвагонного рухомого складу (ТРС і МВРС).

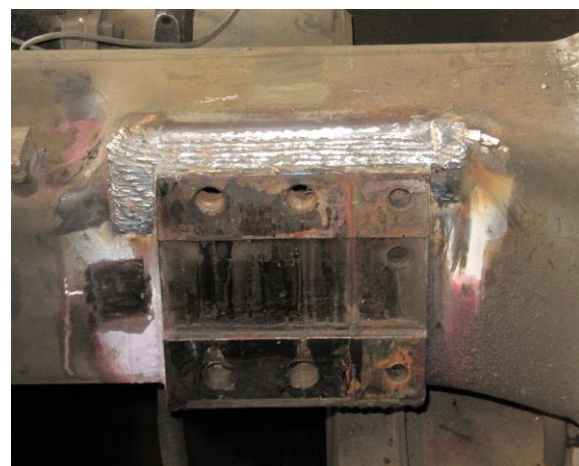
На кожний окремий випадок руйнування відповідальної деталі чи вузла несучої металоконструкції РС відділ зварювання та ремонту розробляє «Ремонтний бюлетень». Ремонтний бюлетень – це технічний документ, що регламентує порядок виконання ремонту ушкодженої несучої конструкції РС та містить повну і вичерпну інформацію, що необхідна для виконання ремонтних робіт.

Ремонтний бюлетень обов'язково містить: детальне описання виявлених дефектів (ескізи, фотографії), розрахунок на міцність ушкодженої деталі чи вузла, із застосуванням запропонованих варіантів відновлення, порядок і технологію виконання ремонту, підбір зварювальних матеріалів для забезпечення оптимального зварювання металів, вимоги до зняття зварювальних напружень що виникають при зварюванні, вимоги до перевірки якості зварювальних робіт, вимоги до персоналу, вимоги до обладнання, вимоги безпеки та, за

необхідності, конструкторську документацію на ремонт.



Тріщина рами візка



Усунута тріщина

Рис. 13 – Відновлення рами візка електровоза ЧС2 зварюванням

Фахівці з неруйнівного контролю філії «НДКТІ» ПАТ «Укрзалізниця» виконують періодичний контроль несучих конструкцій ТРС і МВРС, ремонт яких виконував відділ зварювання та ремонту інституту. Не було виявлено ні одного випадку повторного виникнення дефектів в місцях проведення ремонту, що підтверджує ефективність нових підходів до ремонту зварюванням пошкоджених несучих конструкцій РС, що експлуатується за межею призначеного терміну служби.



Фрагмент рами кузова електровоза ВЛ11, що відірвався



Відновлена рама кузова електровоза ВЛ11

Рис. 14 – Відновлення рами кузова електровоза ВЛ11 зварюванням

Висновки

Застосування нових підходів, наведених у статті, до виконання зварювальних робіт при ремонтах залізничного РС, що експлуатується на межю назначеного терміну служби, якісне відновлення пошкоджених несучих конструкцій РС за допомогою сучасних технологічних підходів і методів зварювання, із використанням сучасного зварювального обладнання і якісних матеріалів та суворим дотриманням технологій ремонту надає можливість подальшої експлуатації пошкодженої несучої конструкції, із забезпеченням необхідного рівня її надійності та безпеки руху поїздів.

Література

1. Надійність техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860-94. – [Чинний від 1996-01-01]. – Київ: Держстандарт України, 1995. – 33 с. – (Нац. стандарт України).
2. Тяговий рухомий склад. Зварювання, наплавлення та напилення. Правила ремонту: ЦТ-0227.- [Чинний від 2014-08-01]. - Київ: МІНІСТЕРСТВО ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ, 2014.- 413с. - (Нормативний документ Укрзалізниці).
3. Інструкція по зварюванню та наплавленню при ремонті пасажирських вагонів.: ЦЛ-0026. - [Чинний від 2001-06-27]. – Київ , 2001. – 411 с. - (Норм. документ Укрзалізниці).
4. Інструкція по зварюванню та наплавленню при ремонті вантажних вагонів та контейнерів: ЦВ-0019. – [Чинний від 2009-08-01].- Москва: ТРАНСИНФО, 2009.- 176с.
5. Правила атестації зварників на залізничному транспорті. Зварювання та наплавлення. Частина 1. Сталі.: СОУ 35.2-00017584-030-1:2009. - [Чинний від 2009-08-05]. – Київ: МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ, 2009.- 58с. - (Галузевий норм. документ).
6. Правила атестації зварників на залізничному транспорті. Зварювання та наплавлення. Частина 2. Чавуни.: СОУ 35.2-00017584-030-2:2009. - [Чинний від 2009-08-05]. – Київ: МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ, 2009.- 46с. - (Галузевий норм. документ).
7. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання дослідно-конструкторських робіт. Загальні положення.: ДСТУ 3974-2000. - [Чинний від 2000-11-27]. – Київ: Держстандарт України, 2000. – 38 с. – (Нац. стандарт України).
8. Порядок розроблення та поставлення продукції на виробництво для потреб залізничного транспорту в системі Міністерства транспорту України.: ГСТУ 32.0.08.001-97 [Чинний від 2000-03-01]. – Київ : МІНІСТЕРСТВО

ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ, 1997. – 90 с. –
(Галузевий норм. документ).

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Петренко Вячеслав Олександрович,
начальник управління надійності філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» ПАТ «Укрзалізниця».

Вул. І.Федорова, 39, м. Київ, 03038, Україна.

Тел.: 38 044 465 35 18.

E-mail: petrenko1520mm@gmail.com.

Серняєв Олексій Георгійович,

начальник відділу зварювання та ремонту управління надійності філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут

залізничного транспорту» ПАТ «Укрзалізниця».

Вул. Глісерна, 14, м. Запоріжжя, Україна.

Тел.: 38 063 452 61 96.

E-mail: sernyaev1520mm@gmail.com.

Браславець Юрій Володимирович,

заступник начальника відділу зварювання та ремонту управління надійності філії «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» ПАТ «Укрзалізниця».

Вул. Глісерна, 14, м. Запоріжжя, Україна.

Тел.: 38 050 965 33 04.

E-mail: braslavets1520mm@gmail.com.

РЕКЛАМА В ЖУРНАЛІ

«ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ УКРАЇНИ»

З питань розміщення реклами в науково-практичному журналі

«Залізничний транспорт України»,

який видається філією «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» ПАТ «Укрзалізниця»

звертайтеся на ім'я директора філії за адресою: 03038, м. Київ, вул. І. Федорова, 39 або в редакцію журналу за телефоном +38 (044) 309-68-93 чи на електронну пошту журналу: ztu1520mm@gmail.com.