

УДК. 625.143

*Сергій Карпінський
Роман Йосифович
Едуард Даніленко*

НОВІ МЕТОДИ ВИГОТОВЛЕННЯ ДОВГИХ РЕЙКОВИХ ПЛІТЕЙ ДЛЯ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ РЕЙКОЗВАРЮВАЛЬНИХ МАШИН

Ефективність та експлуатаційна надійність безстикової колії може бути підвищена при скороченні кількості зрівнювальних прольотів за рахунок укладання довгих рейкових плітей. Виходячи із температурної роботи, рейкові пліті можуть бути необмеженої довжини.

Довгі рейкові пліті виготовляються в польових умовах зварюванням між собою рейкових плітей нормальної довжини до 800 м. Тому рейкові пліті звичайної довжини необхідно приварювати послідовно. Рейкозварювальні машини швидко розвиваються, що дає можливість застосовувати нові технології виготовлення довгих рейкових плітей.

Эффективность и эксплуатационная надежность бесстыкового пути может быть повышена при сокращении числа уравнительных пролетов за счет укладки длинных рельсовых плетей. Исходя из температурной работы, рельсовые плети могут быть неограниченной длины.

Длинные рельсовые плети производятся в полевых условиях сваркой между собой рельсовых плетей нормальной длины до 800 м. Поэтому рельсовые плети обычной длины необходимо приваривать последовательно. Рельсосварочные машины быстро развиваются, что дает возможность применять новые технологии изготовления длинных рельсовых плетей.

Efficiency and operational reliability of continuous welded rails can be increased by reducing the number of egalitarian flown by signing long lenghts. Based on the temperature of, lenghts can be of unlimited length.

Long lenghts made in the field welding together rail welding of normal length to 800m. Therefore lenghts usual length to welding consistently. Rail welding machines rapidly, which makes it possible to apply new technologies for production of long lenghts.

Ключові слова: безстикова колія, довгі рейкові пліті, рейкозварювальні машини, метод натягу.

© Карпінський С. Л., Йосифович Р. М., Даніленко Е. І. 2012

Для виготовлення довгих рейкових плітей застосовують в основному два методи: метод попереднього вигину (в горизонтальній чи вертикальній площинах) та метод натягу. Залежно від технічних характеристик рейкозварювальних машин може бути застосована відповідна технологія.

Зараз для виготовлення довгомірних рейкових колій використовується контактне стикове зварювання із застосуванням машин конструкції ІЕЗ ім. Є. О. Патона типу К 355А та К 900.

Машини встановлені на самохідних пересувних комплексах типу ПРЗМ. При цьому використовується технологія зварювання довгомірних плітей з їх попереднім вигином у горизонтальній площині (рис. 1). Необхідність вигину обумовлена тим, що при контактному стиковому зварюванні рейок безперервним оплавленням їх довжина скорочується на 45–55 мм.

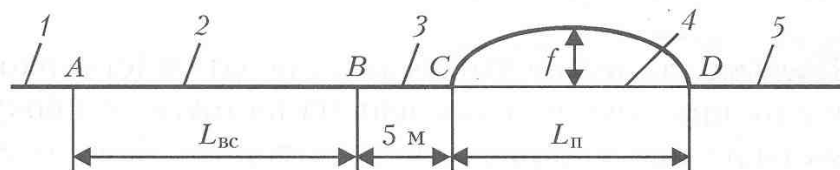


Рис. 1. Схема вигину пліті перед зварюванням при виготовленні її методом часткового розкріплення: 1 – закріплена ділянка пліті, на якій знаходиться ПРЗМ; 2 – вварювана вставка з ослабленими клемами; 3 – пряма ділянка пліті, що приварюється; 4 – ділянка CD зі знятими клемами і вигином; 5 – закріплена пліть; А – перший, В – другий стик зварювання; f – стріла вигину пліті; $L_{вс}$ – довжина ділянки вигину; $L_{пв}$ – довжина вставки, що вварюється

Основним недоліком технології зварювання плітей методом поперечного вигину є те, що роботи при зварюванні повинні проводитись при температурах розрахункового температурного інтервалу закріплення пліті на постійний режим експлуатації. У межах розрахункового температурного інтервалу закріплення пліті встановлюється оптимальний температурний інтервал, який дає можливість зварювання в колії коротких суміжних рейкових плітей у довгу пліть без наступної розрядки напружень.

Для залізниць України згідно з Технічними вказівками [2] встановлений єдиний оптимальний температурний інтервал закріплення довгомірних рейкових плітей безстикової колії на постійний режим експлуатації $t_3 = 30+5^\circ\text{C}$. Зварювальні роботи повинні проводитися при температурах, які відрізняються від t_3 не більше, ніж на 5°C . Якщо відхилення більше, то необхідно проводити розрядку температурних напружень за відповідною технологією. Для цього необхідно звільнити всю пліть довжиною 800 м, встановити її на роликові опори, піддати вібраційним навантаженням і зробити повторне закріплення. При значних відхиленнях робочих температур від заданої у бік зниження передбачене примусове введення в розрахунковий інтервал з використанням спеціальних гідравлічних приладів.

Проведення розрядки температурних напружень у плітях є трудомісткою операцією, що вимагає тривалого закриття руху на перегоні, а в плітях довжиною

до блок-ділянки практично неможливе без розрізання пліті на більш короткі частини. Тому зварювання й ремонт довгих плітей методом поперечного вигину може проводитись у дуже обмеженому температурному інтервалі, що різко скорочує час, сприятливий для проведення робіт.

В ІЕЗ ім. С. О. Патона розроблена нова технологія виготовлення безстикових рейкових плітей з використанням контактного зварювання, що дозволяє в значній мірі усунути недоліки застосовуваної в цей час технології. У її основу покладено принцип, згідно з яким припуск на оплавлення й осадку реалізується за рахунок розтягнення розкріплених ділянок плітей, які вварюються, і як наслідок цього, після зварювання замикаючого стику у зварених плітях на довжині розкріплення виникають розтягуючі напруження. При цьому вирішується й друга трудомістка частина ремонтних робіт – відновлення заданого рівня температурно-напруженого стану колії на фронті робіт. З'являється можливість одночасно зі зварюванням установлювати в пліті оптимальний рівень розтягуючих напружень у широкому діапазоні температури, при якій виконується зварювання.

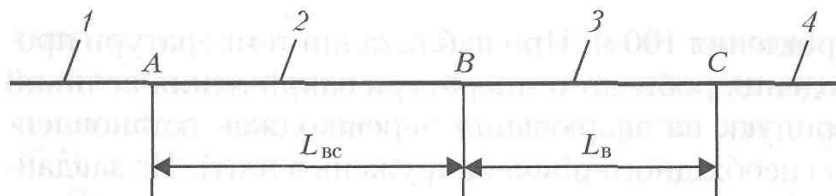


Рис. 2. Схема розкріплення пліті перед зварюванням при відновленні її методом натягу: 1 – закріплена ділянка пліті, на якій знаходиться ПРЗМ; 2 – вварювана вставка з ослабленими клемами; 3 – розкріплена; 4 – закріплена ділянка пліті

При зварюванні з натягом, як і у випадку з попереднім вигином пліті, робота починається з підготовки й зварювання рейкової вставки. Перший стик *A* (рис. 2) зварюють з використанням традиційної технології, після чого проводять складання другого (замикаючого) стику *B*, обрізаючи вставку так, щоб між нею і кінцем пліті був установлений контрольований зазор Δ_0 . Щоб одержати необхідний припуск на зварювання другого стику, рейки з двох або з однієї сторони від місця зварювання звільняють від кріплень на сумарній довжині L_0 . Звільнення рейок на ділянці, де розташовується пересувний комплекс ПРЗМ менш ефективно, ніж з боку вільної пліті, що пов'язане зі збільшенням сил тертя на ділянці, де рейки мають додаткове навантаження у вигляді ПРЗМ. Тому більш доцільно звільняти рейки тільки на ділянці, де немає ПРЗМ. Звільнені ділянки рейок розтягуються приводом зварювальної машини. Зусилля приводу при зварюванні другого стику, необхідне для розтягування, залежить від довжини звільненої ділянки L_0 , припуску на зварювання Δ_n та зазору між рейковою вставкою та пліттю Δ_0 :

$$P_p = \frac{\Delta_n + \Delta_0}{L_B} EF, \quad (1)$$

де Δ_n – припуск на зварювання; Δ_0 – зазор між рейковою вставкою та пліттю; E – модуль пружності рейкової сталі; F – площа поперечного перерізу рейки; L_B – сумарна довжина розкріплених ділянок пліті в місці зварювання.

Поява розтягуючого зусилля в пліті після зварювання, що створюється приводом зварювальної машини, відповідає збільшенню температури закріплення щодо температури проведення робіт на ΔT , що розраховується формулою:

$$\Delta T = \frac{P_p}{\alpha E F}, \quad (2)$$

де α – коефіцієнт лінійного розширення рейкової сталі; $\Delta T = t_3 - t_{3B}$ – різниця між температурою закріплення пліті й температурою на момент зварювання.

Змінюючи величини Δ_o та L_B , можна встановлювати необхідний рівень розтягуючих напружень у пліті для введення її в температурний інтервал закріплення після ремонту.

Зварювання методом натягу корисніше проводити при більш низьких температурах, ніж розрахунковий інтервал закріплення. Чим нижче температура проведення робіт, тим менша довжина ділянки необхідного розкріплення. При ΔT менш ніж 15°C необхідна довжина розкріплення перевищує 150 м, що нерационально. Для таких умов вигідніше застосовувати технологію поперечного вигину із частковим натягом плітей, тобто частину припуску, необхідного для зварювання, реалізовувати за рахунок вигину рейки, а іншу, необхідну для введення пліті в розрахунковий температурний інтервал закріплення, за рахунок її натягу. На рис. 3 приведена розрахункова залежність необхідного подовження ділянок зварюваних плітей для введення їх в температурний інтервал закріплення і зусилля, необхідні для цього при довжинах розкріплення 60 та 100 м.

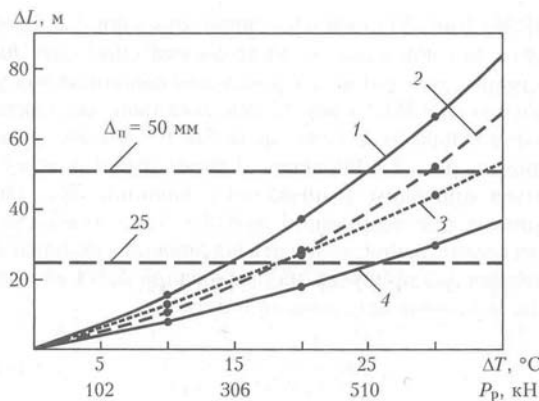


Рис. 3. Розрахункова залежність необхідного подовження ділянок плітей, що зварюються для введення їх у температурний інтервал закріплення, і зусилля, необхідні для цього при довжинах розкріплення 60 та 100 м (1 – $L_B = 100$ м, $r = 7$ кН/м; 2 – $L_B = 60$ м, $r = 7$ кН/м; 3 – $L_B = 100$ м, $r = 25$ кН/м; 4 – $L_B = 60$ м, $r = 25$ кН/м) згідно [1]

Аналіз залежностей показує, що при зварюванні з використанням традиційної технології безперервним оплавленням припуск на зварювання становить 45-55 мм, роботи по зварюванню з натягом можливо проводити при ΔT більших, ніж $25\text{-}35^\circ\text{C}$ при довжині розкріплення 100 м. При наближенні температури проведення робіт до температури закріплення великий припуск на зварювання перешкоджає встановленню необхідного рівня напружень у пліті. В ІЕЗ ім. Є. О. Патона було розроблено методу зварювання пульсуючого оплавлення. При використанні цього

методу припуск на зварювання може бути зменшений до 25-30 мм. Це вирішує проблему зварювання з натягом при температурах зварювання, близьких до температур закріплення і дає можливість розширити температурний інтервал проведення робіт.

Випробування технології зварювання замикаючих стиків з натягом виявило, що при визначенні необхідної величини натягу найбільш зручно варіювати одним параметром – величиною зазору Δ_o при постійній довжині розкріпленої ділянки L_B . Зміна Δ_o від 0 до 25 мм дозволяє змінювати загальне зусилля натягу в межах від 306 до 510 кН (крива 1).

При зварюванні з натягом на відміну від використовуваної технології представляється можливим проводити роботи в широкому діапазоні температур навколишнього середовища, якщо вони не перевищують температуру закріплення.

З рис. 3 видно, що при виконанні зварювальних робіт в інтервалі температур навколишнього середовища від 5 до 30° С максимальне зусилля натягу, необхідне для закріплення плітей у розрахунковому інтервалі, становить приблизно 700 кН, а Δ_o змінюються від 0 до 50 мм. При цьому для одержання якісного з'єднання необхідні зусилля осадки 450-500 кН, припуск при пульсуючому зварюванні приймають 30-40 мм з урахуванням зазору між рейкою-вставкою та пліттю. Гідропривід зварювальної машини повинен забезпечувати загальне зусилля до 1200 кН, а переміщення на величину до 120 мм. Контактні машини типу К 355А, К 900, які випускалися раніше, не забезпечують таких показників.

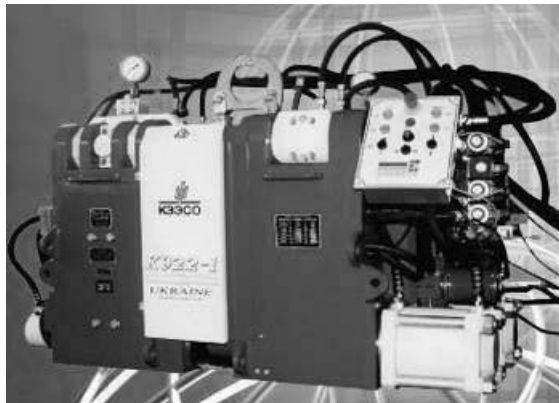


Рис. 4. Підвісна рейкозварювальна машина типу К 922-1

В останні роки в ІЕЗ ім. Є. О. Патона розроблені нові машини типу К 922 (рис. 4), призначені для зварювання рейок з натягом. Основні технічні характеристики наведені в таблиці. Нова машина забезпечує необхідні зусилля натягу у всьому діапазоні можливих режимів зварювання довгомірних плітей при зміні температури навколишнього середовища від 5 до 30° С.

При контактному зварюванні рейок машинами К 355, К 900 у місці інтенсивної деформації їхніх кінців спостерігається наплив зварного шва, яке звичайно зрізують у гарячому стані пристроями, встановленими у рухливу станину зварювальної машини. Після закінчення зварювання один із зажимів зварювальної

машини розтискають і наплав зрізують, використовуючи привід осадки зварювальної машини.

При зварюванні з натягом пліть необхідно утримувати в затиснутому стані при охолодженні до заданої температури, тому що при розтисканні машини на гарячий стик будуть діяти зусилля натягу пліті величиною до 700 кН. Для забезпечення цих умов машина К 922 обладнана пристроєм, який має індивідуальний гідропривід, що дозволяє зрізати грат у гарячому стані відразу ж після закінчення деформації без розтискання звареної пліті.

Підвісні рейкозварювальні машини, розроблені Інститутом електрозварювання ім. Є. О. Патона, постійно удосконалюються з урахуванням нових запитів та серійно випускаються Каховським заводом електрозварювального устаткування. Ведеться випуск найбільш масової машини такого класу типу К 900. Ця машина встановлюється на пересувних рейкозварювальних комплексах і використовується при будівництві та реконструкції залізниць. Вона розрахована на зварювання рейок та рейкових плітей довжиною до 150 м, вільно покладених у колію. Машина розвиває максимальне зусилля тяги 45 т, близько 40 т з них використовується власне для виконання зварювання, а решта зусилля, яке розвиває привід, використовується для подолання сил тертя рейки, що приварюється, щодо накладки або щебеню.

За останні роки в Інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона спільно з Каховським заводом електрозварювального устаткування розроблено нове покоління машин для зварювання рейок на колії, які мають підвищене зусилля приводу тяги. Це знадобилось, передусім, для виготовлення довгомірних рейкових плітей.

Машина К 920 має зусилля тяги 100 т, що дозволяє зварювати на ній пліті завдовжки до 600 м без використання додаткових роликів опор. Дана машина випускається серійно Каховським заводом електрозварювального устаткування з 1997 р.

Задача ефективного зварювання довгомірних плітей існує вже багато років. До 1997 р. ці роботи виконувалися за допомогою машин К 900 та додаткових будівельних механізмів, які здійснюють підтягування пліті.

З появою зварювальних машин К 920 рішення цієї задачі суттєво спростилося, знизилася собівартість даних робіт, так як машина К 920 забезпечує як підтягування рейок так і зварювання плітей поміж собою.

Іншою задачею при виготовленні довгих рейкових плітей безстикової колії є зварювання рейкової вставки, а саме, зварювання замикаючого стику з забезпеченням необхідного натягування пліті. Ці роботи виконуються з використанням машин К 900 і додаткового силового гідравлічного домкрату з тяговим зусиллям 100-120 т.

Таке рішення є дуже дорогим, тому що ціна домкрату сягає 150-200 тис. дол. США і потребує додаткового обслуговуючого персоналу і техніки, з'являються додаткові проблеми синхронізації роботи приводу зварювальної машини і домкрату.

На залізницях України прийнята технологія зварювання ремонтних стиків безстикових колій з попереднім вигином частини рейкової пліті. При цьому використовуються машини типу К 355, К 900. Така технологія малопродуктивна і потребує залучення великої кількості обслуговуючого персоналу, крім того, вона не дозволяє забезпечувати заданий рівень напружень зварювальних плітей і практично

виключає можливість створення після зварювання у пліті необхідних зусиль найбільш сприятливих для роботи в колії.

Для рішення вказаної задачі у ІЕЗ ім. Є. О. Патона розроблено нове покоління підвісних рейкозварювальних машин К 920, призначених для зварювання довгомірних рейкових плітей з їх натягуванням. Відмітною їх ознакою є підвищене зусилля осадки (до 150 т) і наявність вбудованого гратознімача з індивідуальним приводом для зрізання грату (зрізання грату у гарячому стані виконується без розтискання рейок, що приварюються).

Принцип зварювання з натягуванням базується на тому, що контактне зварювання завжди супроводжується укороченням деталей, що зварюються (припуск на оплавлення та тягу). Розмір припусків може бути різним в залежності від прийнятої технології зварювання і площі поперечного перетину рейок. При зварюванні рейок Р65 припуск на зварювання звичайно складає 45-50 мм.

З урахуванням досвіду експлуатації машини типу К 921 згідно [1] було встановлено, що максимальні розтягуючі напруження у пліті не повинні перевищувати 14 % від межі текучості матеріалу рейки. При такому рівні розтягуючих напружень і перепаді температур до 90° С у пліті не з'являються стискаючі напруження і не потрібно виконувати температурної розрядки. З урахуванням непередбачених додаткових втрат на тертя підшви рейки щодо бетонної шпали, особливо на кривих ділянках, загальне зусилля приводу зварювальної машини, необхідне для зварювання плітей з натягуванням, прийнято 120-130 т. Відповідно до цих вимог розроблена ІЕЗ ім. Є. О. Патона спільно з КЗЕЗО машина К 922, серійний випуск якої було розпочато з 2002 р.

Машина К 922 має таке ж конструктивне рішення, як і широко застосовувані машини К 900. Використання сучасних компонентів гідроприводу, систем автоматичного управління дозволило суттєво збільшити зусилля тяги та затискання, що дозволяє використовувати її на існуючих пересувних рейкозварювальних комплексах.



Рис. 5. Колійна рейкозварювальна самохідна машина ПРСМ-3

Випробування машини К 922 у складі пересувного комплексу на пневмоходу типу КСМ-005 проводилися на виробничій ділянці у біля станції Завітна на пікеті № 10 Одеської залізниці 07.07.2003 р. та 09.07.2003 р.

З появою машини К 922 суттєво спрощується зварювання безстикової колії і знижується собівартість даних робіт, тому що машина забезпечує як підтягування рейок, так і зварювання плітей поміж собою без використання попереднього вигину пліті.

Залежно від використаної рейкозварювальної машини може бути застосований один з існуючих методів виготовлення довгомірних плітей:

- при застосуванні машини К 900, К 355 раціональною технологією виготовлення довгомірних плітей є технологія попереднього вигину. Також може бути застосована технологія натягу при зварюванні пліті довжиною до 150 м для зварювання плітей більшої довжини вказаним методом необхідне застосування додаткового силового гідравлічного домкрату з тяговим зусиллям 100-120 т;
- машина К 920 дозволяє зварювати рейкові пліті методом натягу довжиною до 600 м для приварювання рейкової пліті більше 600 м необхідно частково застосовувати метод попереднього вигину та метод натягу;
- машини типу К 921 дозволяє виготовлення рейкової пліті необмеженої довжини методом натягу на прямих ділянках колії, на кривих ділянках колії виникає додаткове тертя підшви рейки у реборди підкладки чи у анкера скріплення КПП-5 тому необхідне застосування більш досконалої рейкозварювальної машини К 922;
- машина К 922 застосовується на нових рейкозварювальних комплексах КРС-1, КСМ-005, ПРЗМ-3 (рис. 5) дозволяє виготовляти рейкові пліті необмеженої довжини методом натягу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Будівництво та реконструкція залізничної мережі України для збільшення пропускної спроможності та запровадження швидкісного руху поїздів / М.Д. Костюк, В.В. Козак, В.С. Алейник, Ю.В. Швець, О.А. Мазур, Е.І. Даніленко, Я.В. Дубневич та інші. – Київ: ІЕЗ ім. С.О. Патона, 2010. – 216 с.
2. Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України. ЦП/0081. – К.: Транспорт України, 2002. – 112 с.
3. *Шраменко В.П.* Улаштування та експлуатація безстикової колії з рейковими плітями необмеженої довжини: Навчальний посібник. – Харків: УкрДАЗТ, 2003. – 122 с.
4. ОАО «Каховский завод электросварочного оборудования» <http://www.kzeso.com/>