

# ИНДУКЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СВАРНЫХ СТЫКОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ

Е. А. ПАНТЕЛЕЙМОНОВ, Р. С. ГУБАТЮК

ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. 03680, г. Киев-150, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Рассмотрены особенности конструкции индукционного устройства для термической обработки сварных стыков железнодорожных рельсов и приведены результаты его испытания. В устройстве использованы индукторы с магнитопроводами и согласующие трансформаторы, разработанные и изготовленные в ИЭС. Индукторы расположены друг против друга с боковых сторон рельса. Индуцирующий провод индуктора разделен на два параллельных проводника, которые повторяют форму поверхности рельса, охватывают часть поверхности катания, боковую грань головки, шейку и часть подошвы рельса с увеличенными воздушными зазорами в области шейки и перьев рельса. Магнитопроводы установлены над поверхностью катания головки, боковыми гранями головки, шейкой и нижней поверхностью подошвы рельса. Испытания индукционного устройства при частоте тока 2,4 кГц показали равномерное распределение температурного поля в сечении рельса и отсутствие перегрева перьев рельса. Нагрев зоны рельса шириной 50...55 мм до температуры 850...910 °С выполнен за время 140 с. Номинальная мощность источника питания 90 кВт. Библиогр. 7, рис. 4.

*Ключевые слова:* рельсы, сварные стыки рельсов, термическая обработка, индукционный нагрев, индукторы

Термическая обработка сварных стыков железнодорожных рельсов, выполненных контактной стыковой сваркой, применяется для достижения структурной зональной однородности после сварки, выравнивания твердости металла головки рельсов, устранения неблагоприятной эпюры внутренних остаточных напряжений металла сварного соединения [1, 2]. Процесс термической обработки включает нагрев зоны сварного стыка и последующую закалку поверхности катания головки рельса путем принудительного охлаждения воздушно-водяной смесью или сжатым воздухом. В настоящее время термическая обработка сварных стыков рельсов выполняется, преимущественно, на индукционных установках типа УИН-001 различной модификации. Основными элементами установки являются система индукторов, блок управления, закалочный блок и источник высокочастотного питания мощностью 100 кВт, частотой тока 8,0...16,0 кГц. Система индукторов включает два одинаковых электрически соединенных многовитковых индуктора без магнитопроводов. При термической обработке сварных стыков рельсов типа Р65 на установке УИН-001 температура нагрева составляет 850...950 °С, время нагрева 240 с со сварочного тепла и 360 с от цеховой температуры [3, 4].

Одним из путей повышения эффективности индукционного нагревательного оборудования для термической обработки сварных стыков рельсов является совершенствование конструкции индукторов. Задачей индукторов является

уменьшение времени нагрева сварных стыков для увеличения производительности технологических линий производства рельсовых плетей, обеспечение равномерного распределения температурного поля по сечению рельса, исключение перегрева элементов рельса.

Известно, что увеличению степени электромагнитной связи тока в индукторах с индуцируемыми в нагреваемой детали вихревыми токами, следовательно, повышению КПД и коэффициента мощности индукционной системы индуктор — деталь способствуют магнитопроводы [5, 6]. Применение магнитопроводов в индукторах позволит распределить передаваемую в сварной стык мощность с учетом различия масс металла головки, шейки и подошвы рельса, а также решить проблему нагрева центра головки и места перехода подошвы в шейку рельса, вследствие особенностей нагрева токами высокой частоты деталей сложной формы.

В настоящей работе описаны особенности конструкции индукторов и приведены результаты испытания индукционного устройства для термической обработки сварных стыков железнодорожных рельсов. В устройстве использованы индукторы с магнитопроводами и согласующие трансформаторы, разработанные и изготовленные в ИЭС. Номинальная частота тока 2,4 кГц.

Индукционное устройство (рис. 1) состоит из индукторов 1 и 2 идентичной конструкции. Индукторы расположены друг против друга с боковых сторон рельса 3. Индуцирующий провод индуктора разделен на два параллельных проводника, повторяет форму поверхности рельса и

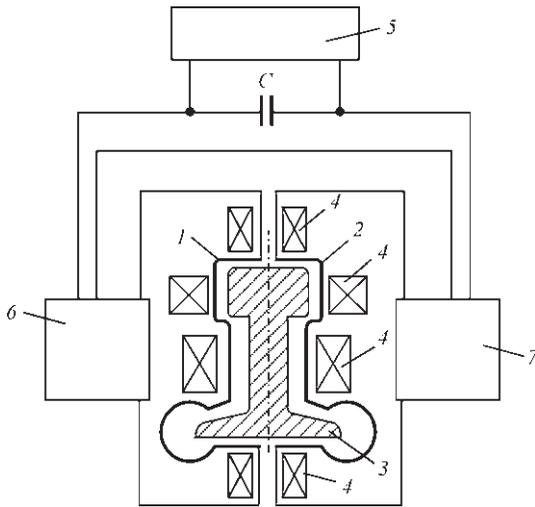


Рис. 1. Схема индукционного устройства (описание 1–7 см. в тексте)

охватывает часть поверхности катания, боковую грань головки, шейку и часть подошвы рельса с увеличенными воздушными зазорами в области шейки и перьев рельса. Токоведущие шины индукторов над поверхностью катания головки снабжены каналами для прохождения луча пирометра. Магнитопроводы 4 различной длины установлены над поверхностью катания головки, боковыми гранями головки, шейкой и нижней поверхностью подошвы рельса [7]. Для подключения индукторов к тиристорному преобразователю частоты 5 использованы согласующие трансформаторы 6 и 7.

Эффективность индукционного устройства исследовали при нагреве зоны рельса типа Р65. Для измерения температуры на поверхности катания головки рельса использовали инфракрасный пирометр Optris CSLT15. Расстояние от пирометра до поверхности катания 130 мм. Температуру металла в сечении рельса контролировали хромель-алюмелевыми термоэлектрическими преобразователями ТП1...ТП9 (ТП1 — по оси симметрии на глубине 20 мм от поверхности катания; ТП2, ТП3, ТП5 — по оси симметрии на расстоянии соответственно 120, 20 и 50 мм от нижней поверхности подошвы; ТП4, ТП8 — на глубине 10 мм от нижней поверхности подош-

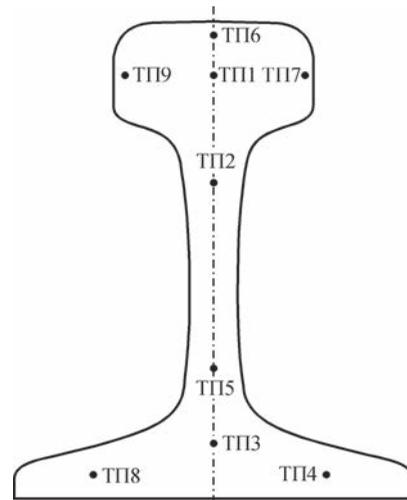


Рис. 2. Схема размещения термоэлектрических преобразователей ТП1...ТП9 в сечении рельса (обозначения см. в тексте)

вы и 32 мм от краев перьев; ТП6 — по оси симметрии на глубине 3 мм от поверхности катания; ТП7, ТП9 — по центру боковых граней на глубине 3 мм) (рис. 2).

Испытания индукционного устройства показали, что нагрев зоны рельса от температуры 20 °С до температуры на поверхности катания головки 850 °С (рис. 3, а) выполнен за время 60 с. Номинальная мощность преобразователя частоты 90 кВт. Ширина зоны термического влияния 50...55 мм. Скорость нагрева поверхности катания головки до температуры точки магнитных превращений порядка 17,5 °С/с. По мере потери металлом магнитных свойств и увеличения глубины проникновения тока скорость нагрева на поверхности катания головки уменьшилась до 1 °С/с. При нагреве зоны рельса от температуры 250 °С до температуры на поверхности катания головки 850 °С (рис. 3, б) и номинальной мощности преобразователя частоты 90 кВт, время нагрева уменьшилось до 40 с. Нагрев зоны рельса от температуры 250 °С моделировал процесс термической обработки сварных стыков рельсов со сварочного тепла в технологических линиях производства рельсовых плетей.

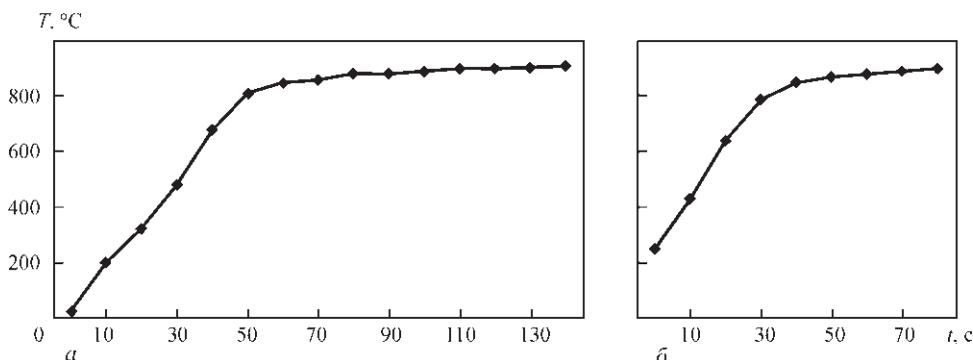


Рис. 3. Временные зависимости температуры на поверхности катания головки рельса при нагреве зоны рельса от 20 (а) и от 250 °С (б)

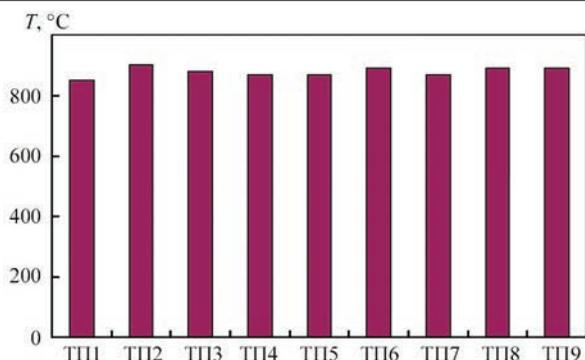


Рис. 4. Гистограмма температуры в точках сечения рельса за время нагрева 140 с

При нагреве зоны рельса от температуры 20 °С продолжительностью 140 с, распределение температурного поля в сечение рельса отражают зависимости, приведенные на рис. 4. Температура боковых граней головки 870...890 °С (ТП7, ТП9), шейки 870...890 °С (ТП2, ТП5), на глубине 20 мм от нижней поверхности подошвы по оси симметрии рельса 880 °С (ТП3), подошвы рельса 870...890 °С (ТП4, ТП8). Время выдержки поверхности катания головки при температуре выше 850 °С около 80 с. Перепад температуры между поверхностью катания (рис. 3, а) и центром головки (ТП1, рис. 4), не более 50...60 °С. Перегрев перьев рельса отсутствовал. Температура в месте перехода подошвы в шейку рельса 880...890 °С (ТП3, ТП5).

**Выводы**

1. В индукционном устройстве для термической обработки сварных стыков рельсов использованы индукторы с магнитопроводами и согласующие

трансформаторы, разработанные и изготовленные в ИЭС. Индукторы отличаются конструкцией индуктирующего провода и расположением магнитопроводов относительно элементов рельса.

2. В процессе испытания индукционного устройства при частоте тока 2,4 кГц достигнуты равномерное распределение температурного поля в сечение рельса и отсутствие перегрева перьев рельса. Нагрев зоны рельса шириной 50...55 мм до температуры 850...910 °С выполнен за время 140 с. Номинальная мощность источника питания 90 кВт. Следует отметить снижение времени нагрева по сравнению с установками ИТТЗ-250/2,4 и УИН-001, которые применяются для термической обработки сварных стыков рельсов в путевых и цеховых условиях.

1. Генкин И. З. Термическая обработка стыков рельсов на индукционных установках / И. З. Генкин // Автоматическая сварка. – 2003. – № 9. – С. 41–44.
2. Термическая обработка рельсовой стали с использованием индукционного нагрева / Д. К. Нестеров, В. Е. Сапожков, Н. Ф. Левченко [и др.] // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1990. – № 8. – С. 30–34.
3. Дифференцированная закалка сварных стыков рельсов / В. А. Резанов, В. М. Федин, А. В. Башлыков [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. – 2013. – № 2. – С. 28–33.
4. Федин В. М. Создание нового технологического оборудования для восстановления старогодных рельсов / В. М. Федин // Вестник ВНИИЖТ. – 2005. – № 4. – С. 22–25.
5. Слухоцкий А. Е. Индукторы для индукционного нагрева / А. Е. Слухоцкий, С. Г. Рыскин. – Л.: Энергия, 1974. – 264 с.
6. Расчет индуктора с магнитопроводом для нагрева плоских поверхностей / А. С. Письменный, Е. А. Пантелеймонов, А. С. Прокофьев [и др.] // Автоматическая сварка. – 2000. – № 11. – С. 39–43.
7. Пат. 109123 UA. МПК С 21D1/10. Индукционное устройство для термической обработки сварных стыков железнодорожных рельсов / Е. А. Пантелеймонов. – Опубл. 10.08.2016 г., Бюл. № 15.

Поступила в редакцию 04.06.2016

**ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ ПУШКИ «ПАТОН-300»**

Электронно-лучевые установки оснащены разработанными в ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины аксиальными электронно-лучевыми пушками «Патон-300» номинальной мощностью 300 кВт.

Электронно-лучевые пушки «Патон-300» представляют собой электронно-лучевые нагреватели аксиального типа с вольфрамовым катодом. Каждая пушка оснащена индивидуальной системой откачки, которая позволяет стабилизировать работу электронно-лучевой пушки в условиях интенсивного выделения газов в процессе выплавки слитков из первичных шихтовых материалов.

Технические характеристики электронно-лучевой пушки «Патон-300»

Показатель	Значение
Номинальная мощность, кВт	300
Ускоряющее напряжение, кВ	30
Максимальная сила тока, А	10
Угол отклонения пучка от оси электронно-лучевой пушки, град.	0–35
Габаритные размеры, мм:	
высота	1217
диаметр	340
по фланцу вакуумной системы	410
Масса, кг	170



Электронно-лучевые пушки «Патон-300»