

# Пути устранения повышенной повреждаемости рельсов в зоне сварных стыков

Е. А. ШУР<sup>1</sup>, В. М. ФЕДИН<sup>2</sup>, А. И. БОРЦ<sup>1</sup>, Ю. В. РОНЖИНА<sup>1</sup>, А. И. ФИМКИН<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

<sup>2</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта» (ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)), Москва, 127994, Россия

**Аннотация.** Сварные рельсовые стыки, полученные методами электроконтактной сварки в стационарных и полевых условиях, а также методами алюминотермитной сварки, являются слабыми местами рельсового пути и повреждаются чаще, чем рельсы вне зоны сварных стыков.

В настоящее время слабым местом сварных стыков при электроконтактной сварке являются не только дефекты, связанные с непроварами в зоне сваривания, прижогами в местах плохого контакта подошвы рельсов с токоподводящими контактными губками или дефектами механической обработки швов после сварки, но и местное понижение твердости в зонах термического влияния после сварки и локальной термической обработки после сварки. При этом устранение широких зон пониженной твердости в местах сварных стыков, приводящих к образованию седловин, трещин и выкрашиваний (дефектов 46.3 и 16.3) и способствующих разрушениям рельсов вблизи таких стыков по дефектам 75.2, 79.2 и 21.2, становится главной задачей повышения работоспособности сварных стыков.

В статье приведены пути устранения повышенной повреждаемости рельсов в зоне сварных стыков.

**Ключевые слова:** рельсы; сварные стыки; дефекты; индукционная сварка рельсов; термическая обработка

**Введение.** Количество сварных стыков на сети ОАО «РЖД» непрерывно и интенсивно увеличивается. Это связано с ростом протяженности бесстыкового пути, а также с увеличением мест с вваренными рельсовыми рубками в местах замены участков плетей, пораженных различными дефектами. Переход металлургических комбинатов на производство 100-метровых рельсов вместо 25-метровых замедляет этот процесс, но не ликвидирует его. Сварные рельсовые стыки, изготовленные по технологиям электроконтактной сварки в стационарных и полевых условиях и методами алюминотермитной сварки, являются слабыми местами рельсового пути и повреждаются чаще, чем рельсы вне зоны сварных стыков. Если сравнить общую удельную повреждаемость 1 метра рельсов со сварным стыком посередине с такой же удельной повреждаемостью 1 метра рельсов без сварного стыка, то получим, что первый показатель в настоящее время превышает второй в 6,4 раза. Если такое же сравнение провести в отношении изломов рельсов, то удельное число изломов в полуметровом расстоянии от

сварного стыка в 24 раза превышает тот же показатель для рельсов вне стыка. При этом в настоящее время слабым местом сварных стыков являются не только дефекты, связанные с непроварами в зоне сваривания, прижогами в местах плохого контакта подошвы рельсов с токоподводящими контактными губками или дефектами механической обработки швов после сварки, но и местные снижения твердости в зонах термического влияния после сварки и локальной термической обработки после сварки. При этом устранение широких зон пониженной твердости в сварных стыках, приводящих к образованию седловин, трещин и выкрашиваний (дефектов 46.3 и 16.3) и способствующих разрушениям рельсов вблизи сварных стыков по дефектам 75.2, 79.2 и 21.2, становится главной задачей повышения работоспособности сварных стыков.

Можно сформулировать три пути устранения повышенной повреждаемости рельсов в зоне сварных стыков.

**1. Совершенствование технологии и оборудования для электроконтактной сварки и локальной термической обработки после сварки в стационарных и полевых условиях.** По этому пути развивается большинство работ, проводимых в АО «ВНИИЖТ» и ряде других организаций [1, 2, 3, 4]. За счет интенсификации нагрева и компьютеризации процесса стремились уменьшить ширину разогрева концов рельсов в процессе оплавления. В новом поколении контактных стыковых машин используются системы компьютеризированного управления процессом пульсирующего оплавления, что дает возможность при выполнении каждой сварки диагностировать качество соединений и документировать результаты контроля. При этом создаются условия для получения более ровной поверхности оплавления и уменьшения глубины кратеров на торцах рельсов. Это снижает вероятность получения различных дефектов (рыхлость, холодная сварка, пузыри, непровары) в сварном стыке [5].

На графике распределения твердости на продольном шлифе со сварным швом в середине (рис. 1) имеется три зоны пониженной твердости [6]. Снижение твердости в средней зоне, совпадающей с зоной

■ E-mail: ronzhina.yuliya@vniizht.ru (Ю. В. Ронжина)

сплавления, связано с понижением здесь содержания углерода, выгоревшего во время нагрева до жидкого состояния. В микроструктуре этой зоны кроме перлита появляется ферритная сетка (рис. 2). Снижение твердости в левой и правой зонах связано с протеканием процессов коагуляции цементитных частиц при температурах высокого отпуска в интервале 500–700 °С в зонах термического влияния. Общее снижение твердости в зоне сварных стыков, и особенно в зонах высокого отпуска, приводит к образованию местных седловин (дефект 46.2).

При последующей местной дифференцированной термической обработке сварных швов, заключающейся в индукционном нагреве всего сечения стыка с последующей нормализацией подошвы и шейки рельса и закалке головки, повышаются твердость головки и сопротивление хрупкому разрушению всего стыка. Левые и правые зоны пониженной твердости сохраняются, но при этом они могут смещаться по длине рельса в зависимости от ширины металла, прогретого при индукционном нагреве (рис. 3). Если давление сжатого воздуха, используемого при охлаждении головки, недостаточное, то ширина зоны с пониженной твердостью увеличивается, что усугубляет процесс образования седловин в эксплуатации (рис. 4).

В отечественных технических требованиях на сварные рельсы (сначала технических условиях, а затем в стандартах) ошибочно указывался минимальный уровень твердости, до которого допустимо разупрочнение металла в зонах термического влияния (на 15 % по сравнению с основным металлом, то есть до НВ 290 при минимальной твердости основного металла НВ 341). На самом деле твердость стали с исходной тонкопластинчатой структурой перлита после нагрева до температуры 700 °С (чуть ниже температуры  $A_{c3}$ ) всегда составляет около НВ 250. Поэтому нужно регламентировать не величину минимально допустимой твердости в зоне влияния от сварки или от локального индукционного нагрева, а максимально допустимую ширину этой зоны, исходя из размеров зоны контакта «колесо–рельс» и стараясь предотвратить явления местного смятия в зонах пониженной твердости с образованием седловин.

В Стандарте ОАО «РЖД» 1.08.002–2009 «Рельсы железнодорожные, сваренные электроконтактным способом. Технические условия» имеются и другие неточности. Так, требования по пластичности сварных стыков после сварки до термической обработки завышены. Между показателями прочности и пластичности при испытании на изгиб сварных стыков имеется тесная корреляция (рис. 5). Как видно из этого рисунка, прочности 2100 кН при расположении подошвы в зоне растяжения соответствует прогиб подошвы 20 мм, а не 25–27 мм, как записано в стандарте 2009 г. Это подтверждают и нормативы по пластичности

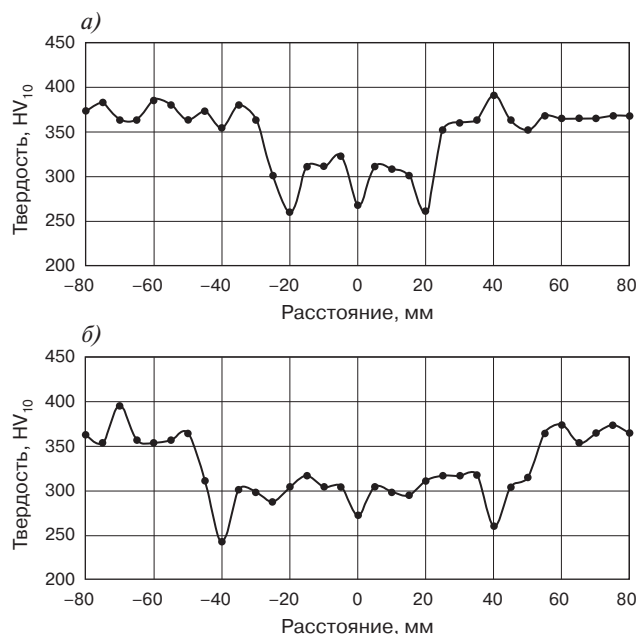


Рис. 1. Распределение твердости в головке рельса на продольном темплете, вырезанном через сварной стык, полученный электроконтактной сваркой после пульсирующего (а) и непрерывного (б) оплавления

Fig. 1. Distribution of hardness in the rail head on the longitudinal template cut through the weld joint from electric-contact welding after pulse (a) and continuous (b) burning-off

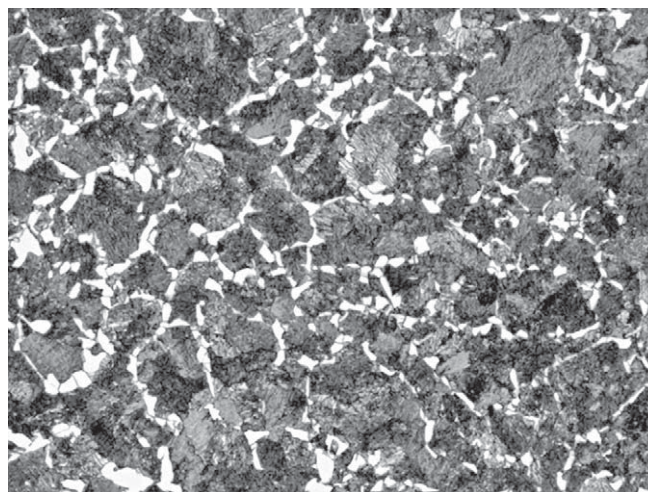


Рис. 2. Микроструктура в зоне сплавления после электроконтактной сварки (×500)

Fig. 2. Microstructure in the area of fusing after electric-contact welding (×500)

сварных швов рельсов после электротермитной сварки близкого типа рельсов, принятые на железных дорогах США (минимальная стрела прогиба 19 мм).

Таким образом, работы по этому направлению могут быть эффективны в части снижения разрушений рельсов, начинающихся в самих сварных швах, но не могут ликвидировать образования боковых зон местных снижений твердости после локальной

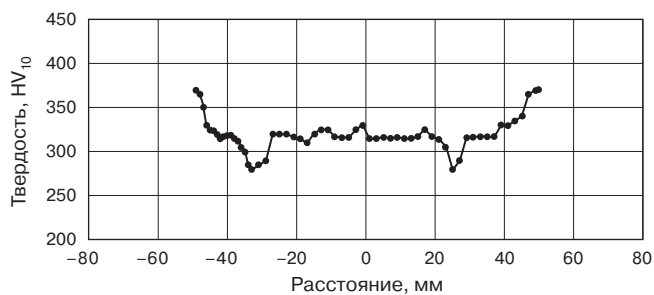


Рис. 3. Распределение твердости в головке рельса на продольном темплете, вырезанном через сварной стык, полученный электроконтактной сваркой, после локальной термической обработки

Fig. 3. Distribution of hardness in the rail head on the longitudinal template cut through the weld joint from electric-contact welding obtained after local heat treatment

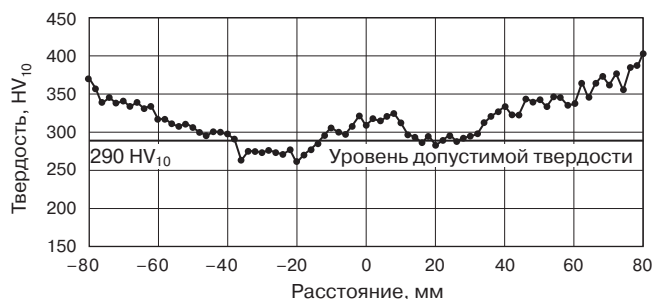


Рис. 4. Распределение твердости в головке рельса на продольном темплете, вырезанном через сварной стык, полученный электроконтактной сваркой, после локальной термической обработки без достаточно интенсивного охлаждения

Fig. 4. Distribution of hardness in the rail head on the longitudinal template cut through the weld joint from electric-contact welding after local heat treatment without sufficient intensive cooling

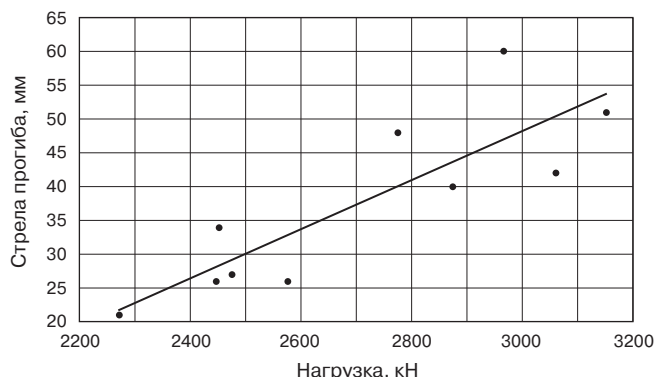


Рис. 5. Корреляция между показателями прочности и пластичности при испытании на изгиб рельсовых проб со сварными швами в средней части

Fig. 5. Correlation between indicators of strength and elasticity during bend test of sample rail with weld joints in the middle

термической обработки, проводимой вслед за сваркой. Удастся ли снизить ширину этих разупрочненных зон настолько, чтобы избежать повышенного смятия металла в них при проходе колес подвижного состава с образованием седловин, остается задачей последующих исследований.

## 2. Разработка технологии и оборудования для индукционной сварки в стационарных и полевых условиях.

Очень важно активизировать работы по другим методам сварки, исключая расплавление рельсового металла, в первую очередь индукционному. Имеется многолетний успешный опыт сварки рельсов длиной 108 м на рельсосварочном предприятии (РСП) в г. Солон-ла-Шапель (Франция) индукционным способом на стационарных машинах [7]. Это единственное предприятие в мире, которое применяет метод индукционной электросварки рельсов. Во Франции начиная с 1981 г. (ввод в эксплуатацию первой высокоскоростной магистрали между Парижем и Лионом) все длинные сварные плети всех высокоскоростных магистралей (2200 км) были сварены с использованием индукционной электросварки. Кроме того, нужно учитывать и успешный опыт газопрессовой сварки в Японии передвижными комплексами (до 60 % сварных стыков). При этом следует отметить, что впервые газопрессовая сварка успешно применялась до 1970 г. на одном РСП в Советском Союзе [1].

В РУТ (МИИТ) совместно с SNCF (Франция) была выполнена работа по индукционной сварке [8]. Она выполнялась на рельсах типа UIC60 завода в г. Айанже (Франция), отвечающих техническим требованиям к отечественным рельсам типа Р65 категории ДТ350. Технология индукционной сварки рельсов заключается в нагреве выше критической температуры  $A_{c3}$  (порядка 1200 °С) сопрягаемых частей рельсов с приложением сжимающей нагрузки. В отличие от электроконтактной сварки при индукционной сварке торцы рельсов не нагреваются до жидкого состояния, а сохраняются в твердом состоянии. Вследствие этого отсутствует окисление углерода и легирующих элементов в рельсовой стали, приводящее при электроконтактной сварке к снижению твердости в зоне сплавления, образованию пор и оксидных неметаллических включений.

Предварительно торцы свариваемых рельсов устанавливают друг против друга с высокой точностью ( $\pm 0,5$  мм), фиксируют при помощи стопорных элементов, приводимых в действие гидроцилиндрами, и фрезеруют для получения чистой поверхности без дефектов. Приложение нагрузки после достижения определенной температуры нагрева стыка способствует развитию процесса термомеханической обработки с деформацией в ходе диффузионного превращения переохлажденного аустенита по схеме ВТМДО, что создает условия для получения повышенной пластичности наряду с высокими прочностными свойствами [9]. После окончания непосредственно процесса сварки выдавленный металл удаляется гратоснимателем. Для получения в зоне сварки той же твердости, что и в термически упрочненных рельсах, их головка ускоренно охлаждается. После окончательного



охлаждения всего сварного участка рельса до температур ниже 200 °С место сварки подвергается холодной правке в двух плоскостях на гидравлических прессах с лазерным измерением прямолинейности рельсов, что обеспечивает выполнение строгих требований Евро-норм, а также играет роль силового дефектоскопа. Окончательной операцией является шлифовка головки рельса в зоне сварного шва. Дефектоскопирование сварного шва не проводят. С 1981 г. произошло только 8 изломов сварных швов из 480 865 швов, сделанных индукционным методом. Таким образом, соотношение числа изломов к общему числу сварных соединений индукционным способом составляет 166 ppm, в то время как такое же соотношение для электроконтактной сварки равно 2000 ppm.

С целью улучшения эпюры внутренних остаточных напряжений (получения сжимающих напряжений в головке и подошве) после индукционной сварки возможно проведение закалочного охлаждения головки и подстуживания подошвы с тепла сварки.

Распределение твердости по продольному сечению сварного стыка рельса после индукционной сварки (рис. 6) показывает, что протекание процесса пластической деформации в ходе превращения переохлажденного аустенита и ускоренное контролируемое охлаждение обеспечивают упрочнение на расстоянии 20–23 мм по обе стороны от зоны сварного стыка. Анализ результатов замера твердости свидетельствует о том, что при вполне удовлетворительном уровне твердости сварного стыка в головке рельса по обе стороны от сварного шва имеются провалы твердости в зоне термического влияния. Насколько их ширина может быть уменьшена, чтобы предотвратить образование седловин в процессе эксплуатации, должны показать дальнейшие исследования. При этом результаты измерения твердости по поверхности катания через зону сварного стыка рельса после индукционной сварки показывают равномерное упрочнение металла поверхности катания в зоне сварного стыка и основного металла без образования провалов, что в свою очередь обеспечивает снижение неравномерного износа в зонах термического влияния и в целом в сварном стыке при эксплуатации (рис. 7).

Сравнительные испытания сварных стыков, полученных на рельсах типа Р65 категории ДТ350 индукционной и электроконтактной сваркой (см. таблицу), показали, что по ряду важных параметров индукционная сварка обеспечивает получение более высоких результатов, чем электроконтактная [8].

Дополнительно было проведено измерение остаточных напряжений по периметру рельсовой пробы в зоне сварного стыка и основного металла рельса после индукционной сварки рельсов категории ДТ350. Результаты исследований представлены на рис. 8. Анализ полученных данных показывает, что в головке

Результаты сравнительных испытаний сварных рельсовых проб  
Results of comparative tests of the welded sample rail

Наименование параметра	Значение параметра	
	Индукционная сварка	Электроконтактная сварка
Прочность шва	120 %	100 %
Стрела прогиба	170 %	100 %
Микроструктура сварного шва	Аналогична основному металлу	Значительное изменение
Предел выносливости	110 %	100 %

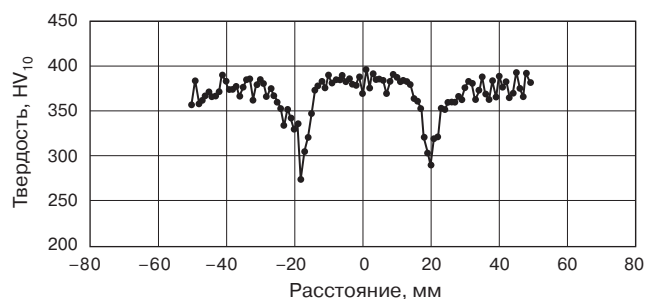


Рис. 6. Распределение твердости в головке рельса на продольном темплете, вырезанном через сварной стык, полученный индукционной сваркой

Fig. 6. Distribution of hardness in the rail head on the longitudinal template cut through the weld joint from induction welding

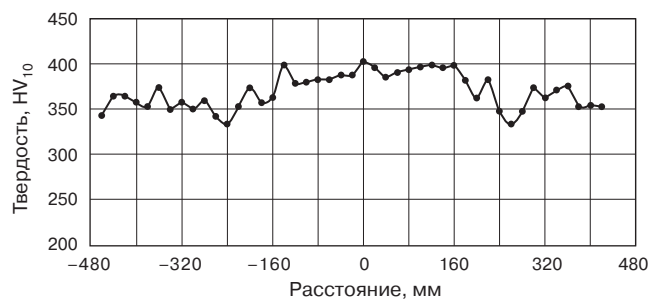


Рис. 7. Распределение твердости по поверхности катания головки рельсов в зоне сварного стыка, полученного индукционной сваркой

Fig. 7. Distribution of hardness on the rail head rolling surface in the area of the weld joint from induction welding

и подошве рельса формируются сжимающие напряжения как за счет технологии дифференцированной термической обработки с индукционным объемным нагревом с охлаждением сжатым воздухом, так и за счет технологии индукционной сварки.

**3. Разработка технологии и оборудования для дифференцированной индукционной закалки предварительно сваренных рельсов в плети длиной 800 м.** В работах [10, 11, 12] активно обсуждаются перспективы отечественного производства принципиально нового вида продукции — термически упрочненной рельсовой плети длиной до 800 м с ресурсом сварного стыка, равным ресурсу рельса. Технология предусматривает сварку электроконтактным или индукционным способом из 100-метровых горячекатаных рельсов в плеть

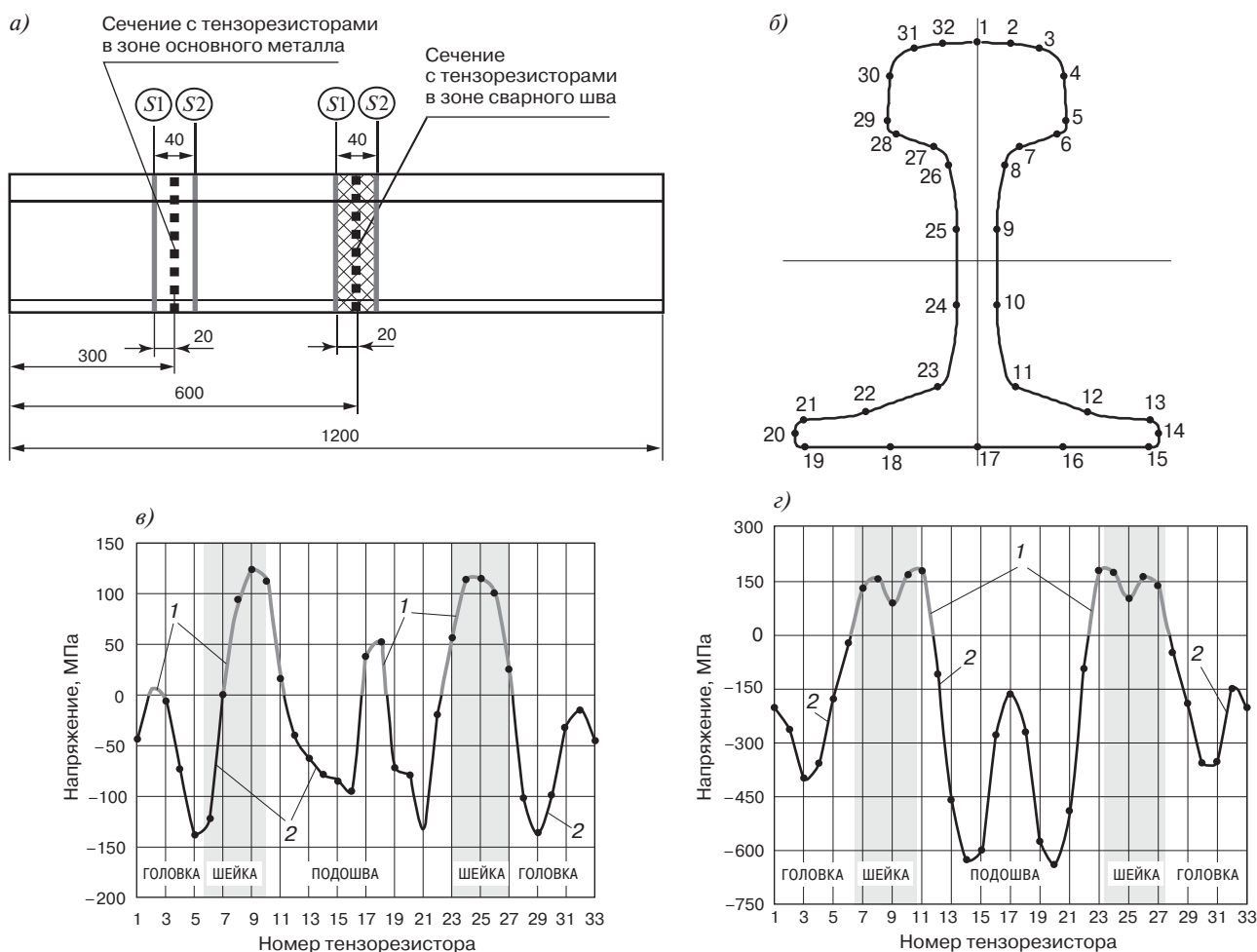


Рис. 8. Эпюра продольных остаточных напряжений в рельсовой пробе UIC60 со сварным стыком:  
 а — схема проведения эксперимента: S1 — сечение 1, S2 — сечение 2; б — схема наклейки и нумерация тензорезисторов;  
 в — распределение остаточных напряжений в зоне основного металла; з — распределение остаточных напряжений в зоне сварного стыка;  
 1 — растягивающие напряжения, 2 — сжимающие напряжения

Fig. 8. Distribution diagram of longitudinal residual stresses in the sample rail UIC60 with weld joint:  
 а — diagram of test: S1 — section 1, S2 — section 2; б — diagram of resistive strain gages gluing and numbering; в — distribution of residual stresses  
 in the area of base metal; з — distribution of residual stresses in the area of weld joint; 1 — tension stresses; 2 — compression stresses

длиной 800 м с ее последующим упрочнением с применением объемного индукционного нагрева и двустороннего закалочного охлаждения сжатым воздухом.

Перспективная технология опробована на рельсах длиной до 12,5 м [10, 11]. Реальность внедрения такой технологии производства рельсовых плетей подтверждается многолетним опытом работы заводов в городах Айанж (Франция) и Сидней (Канада). На них была реализована технология термического упрочнения горячекатаных рельсов длиной 108 и 25 м соответственно с применением индукционной установки для объемного непрерывно-последовательного нагрева рельса с последующим двусторонним закалочным охлаждением сжатым воздухом — закалочное охлаждение головки рельса и подстуживание подошвы для сохранения прямолинейности рельсов.

Высокий уровень служебных свойств рельсов типа Р65, изготовленных металлургическими заводами

в городах Айанже (Франция) и Сиднее (Канада), упрочненных по описанной выше технологии без сварных швов, был получен при проведении испытаний на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» и на Октябрьской железной дороге.

Переход к дифференцированной индукционной термической обработке 800-метровых плетей позволит устранить все основные недостатки, снижающие ресурс современных плетей, сваренных из лучших рельсов, закаленных с прокатного нагрева. Это обеспечивают:

- наличие остаточных напряжений в головке рельсов, которые наводятся там последней технологической операцией в потоке производства — холодной правкой на роликоправильных машинах;
- максимальное укорочение или полное устранение мягких участков с пониженным сопротивлением износу, смятию и образованию контактно-усталостных

повреждений в зонах термического влияния после сварки и последующей локальной индукционной термической обработки сварных швов, что приводит к возникновению в этих местах неровностей и повышенного динамического воздействия колес подвижного состава;

- заметное повышение ударной вязкости, трещиностойкости и критического размера усталостных трещин при закалке с отдельного перекристаллизационного нагрева по сравнению с закалкой с прокатного нагрева.

Рельсовые плети, подвергнутые дифференцированной индукционной термической обработке, будут иметь при условии проведения периодической профилактической шлифовки или фрезеровки межремонтный эксплуатационный ресурс не менее 1500–2000 млн т брутто. Такой подход обеспечит максимально возможную равнопрочность сварных стыков и цельнокатаных рельсов с получением длинных рельсовых плетей для бесстыкового пути с равным сопротивлением износу и смятию в эксплуатации, что позволит ликвидировать местные неровности в сварных плетях бесстыкового пути в течение всего срока службы рельсов. Кроме того, при этом имеет место благоприятная эпюра внутренних остаточных напряжений, способствующих получению наибольшего сопротивления зарождению и распространению контактно-усталостных трещин в головке, коррозионно-усталостных трещин в подошве и продольных трещин в шейке рельса как в прокатной, так и в сварной части рельсовых плетей. Правильно подобранный режим дифференцированно термически упрочненной рельсовой плети позволит минимизировать процесс правки после термической обработки и сохранить внутренние остаточные сжимающие напряжения.

Проведенными исследованиями было показано, что применение отдельного нагрева под закалку за счет получения мелкого зерна при его перекристаллизации в процессе повторного нагрева приводит к росту ударной вязкости в 1,4–2,0 раза, копровой прочности в 2,0 раза, трещиностойкости в 1,5–1,8 раза, критического размера усталостных трещин в 2,3–2,5 раза.

Технологически получение требуемого структурного состояния при термической обработке рельса, изготовленного из стандартной стали, достигается последовательным нагревом каждого поперечного сечения обрабатываемого рельса, включая сварные швы, до температуры, превышающей температуру окончания фазовых превращений при нагреве и получения однородной аустенитной структуры, а затем осуществлением последовательного охлаждения каждого поперечного сечения обрабатываемого рельса, включая сварные швы, до температуры ниже температуры окончания перлитного превращения данной стали при ее охлаждении таким образом, чтобы

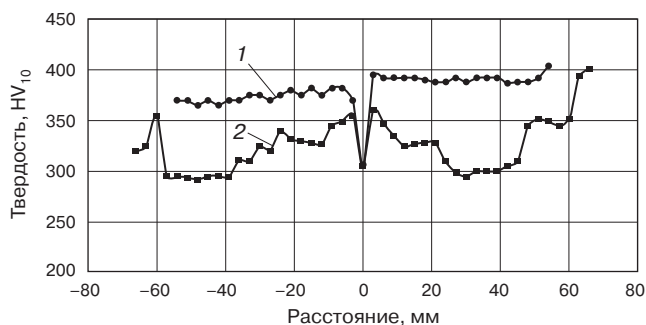


Рис. 9. Распределение твердости на поверхности катания головки рельсов в зоне сварного стыка, полученного электроконтактной сваркой, после термообработки:

- 1 — по всей длине рельсов по технологии ТЭК-ДТО;
  - 2 — по существующей технологии локальной термообработки
- Fig. 9. Distribution of hardness on the rail head rolling surface in the area of weld joint from electric-contact welding after heat treatment:
- 1 — along the entire rail length as per FEC-DCC technology;
  - 2 — as per the current technology of local heat treatment

получить в результате мелкодисперсную структуру сорбита в поверхностном слое головки до 15–20 мм.

В работе использовали рельсы из стали Э76Ф (0,79% С, 0,97% Мн, 0,39% Si, 0,08% V, 0,11% Cr, 0,015% Р, 0,010% S, 0,004% Al, 0,0015% O, 0,014% N) производства ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» со сварными стыками. Сварку образцов проводили на рельсосварочном предприятии № 29 Западно-Сибирской железной дороги. Исследования твердости, макро- и микроструктуры в зоне сварного стыка, полученного электроконтактной сваркой, после термической обработки по технологии ТЭК-ДТО (разработчик — НПП «Томская электронная компания», Россия) показали, что ширина зоны пониженной твердости с измененной микроструктурой резко уменьшилась по сравнению с локальной термической обработкой сварных швов. После локальной термической обработки для зоны сварного шва характерна структура, состоящая из зерен феррита и перлита в связи с выгоранием углерода и легирующих элементов в процессе сварки. После термической обработки по всей длине она представляет собой перлитную квазиэвтектоидную структуру с ферритной сеткой. При этом если после локальной термической обработки ширина зоны с измененной микроструктурой и твердостью составляла в головке 60 мм, а в подошве 130 мм, то после термической обработки по всей длине она не превышала 6 мм (рис. 9). Такое уменьшение длин «мягких» зон в сварных стыках должно привести к тому, что в процессе эксплуатации образование здесь седловин прекратится. Понижение твердости связано с уменьшением содержания углерода в узкой зоне непосредственно сварного шва в результате выгорания его в процессе сварки. Можно с высокой степенью уверенности предполагать, что при использовании индукционной сварки после термической обработки плетей по всей длине «мягкие зоны» исчезнут полностью.

**Выводы.** Для устранения повышенной повреждаемости рельсов в зоне сварных стыков нужно срочно заменить оборудование и технологию для локальной термической обработки сварных стыков в РСП, чтобы устранить широкие зоны пониженной твердости в зоне сварных стыков, которые приводят к образованию седловин, трещин и выкрашиваний (дефектов 46.3 и 16.3), способствующих разрушениям рельсов вблизи сварных стыков по дефектам 75.2, 79.2 и 21.2.

Исследования качества сварных стыков, полученных электроконтактным и индукционным способами, показали существенные преимущества последнего. С учетом многолетнего успешного французского опыта сварки рельсов длиной 108 м индукционным способом на стационарных машинах необходимо ускорить разработку отечественного оборудования и технологии сварки рельсов индукционным способом.

Для создания полностью равнопрочных по всей длине 800-метровых закаленных сварных рельсовых плетей нужно разработать и испытать новую для мировой практики рельсового производства технологию сварки электроконтактным или индукционным способом из 100-метровых горячекатаных рельсов в плеть с ее последующим упрочнением с применением объемного индукционного нагрева и двустороннего закалочного охлаждения сжатым воздухом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Генкин И.З. Сварные рельсы и стрелочные переводы // Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта: Труды МПС РФ, ВНИИЖТ. М.: Интекст, 2003. 94 с.
2. Перспективы развития парка путевых рельсосварочных машин / А. И. Николин [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. 2005. № 6. С. 5.
3. Контактная сварка рельсов и термическая обработка сварных стыков рельсов современного производства на рельсосварочных предприятиях ОАО «РЖД» / А. В. Гудков [и др.] // Сварочные и наплавочные технологии на железнодорожном транспорте: Труды ОАО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта». М.: Интекст, 2008. С. 30–42.
4. Кучук-Яценко С. И. Контактная стыковая сварка оплавлением. Киев: Наукова думка, 1992. 236 с.
5. Сварка рельсов с применением компьютерной техники / А. И. Андреев [и др.] // Путь и путевое хозяйство. 2001. № 4. С. 21–25.

6. Резанов В. А. Параметры оценки качества сварного соединения при производстве рельсовых плетей // Сборник научных докладов по материалам 133-го заседания НП «Рельсовая комиссия». 2017. С. 320–329.

7. Revue Generale des Chemins de Fer / V. Lahidalle [et al.]. Publisher: Elsevier, 2012. № 214. P. 20–27.

8. Индукционная сварка рельсов и перспективы ее применения в России / В. М. Федин [и др.] // Сборник научных докладов по материалам 131-го заседания НП «Рельсовая комиссия». 2015. С. 84–94.

9. Основы термической обработки. Т. 2. 1983. С. 196–226 // Металловедение и термическая обработка стали: справочник в 3 т. / под ред. М.Л. Бернштейна, А.Г. Рахштадта. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1983.

10. Перспективная технология производства рельсов для высокоскоростного и тяжеловесного движения / С. В. Хлыст [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. 2013. № 6. С. 14–20.

11. Хлыст И.С., Кузьмиченко В.М., Хлыст С.В. Опыт и технологии компании для повышения потребительских качеств сварных стыков и рельсов // Сборник научных докладов по материалам 133-го заседания НП «Рельсовая комиссия». 2017. С. 330–345.

12. Кучин А. В. Приветственное слово заместителя начальника Центральной дирекции инфраструктуры-филиала ОАО «РЖД» // Сборник научных докладов по материалам 133-го заседания НП «Рельсовая комиссия». 2017. С. 11–13.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**ШУР Евгений Авелевич,**

д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, НЦ «Рельсы, сварка, транспортное материаловедение», АО «ВНИИЖТ»

**ФЕДИН Владимир Михайлович,**

д-р техн. наук, профессор, начальник центра «Промышленные технологии», ИУИТ РУТ (МИИТ)

**БОРЦ Алексей Игоревич,**

канд. техн. наук, заместитель директора НЦ «Рельсы, сварка, транспортное материаловедение», АО «ВНИИЖТ»

**РОНЖИНА Юлия Вадимовна,**

канд. техн. наук, старший научный сотрудник, НЦ «Рельсы, сварка, транспортное материаловедение», АО «ВНИИЖТ»

**ФИМКИН Александр Иванович,**

канд. техн. наук, доцент, заведующий лабораторией «Испытания материалов», кафедра «Строительная механика», РУТ (МИИТ)

Статья поступила в редакцию 21.01.2019 г., актуализирована 28.05.2019 г., принята к публикации 17.06.2019 г.

## Methods of elimination of rails increased damage in the area of weld joints

**E. A. SHUR<sup>1</sup>, V. M. FEDIN<sup>2</sup>, A. I. BORTS<sup>1</sup>, Yu. V. RONZHINA<sup>1</sup>, A. I. FIMKIN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Joint Stock Company Railway Research Institute (JSC “VNIIZhT”), Moscow, 129626, Russia

<sup>2</sup>Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Russian University of Transport” (FGBOU VO RUT (MIIT)), Moscow, 127994, Russia

**Abstract.** Rail weld joints from electric-contact welding in stationary and field conditions, as well as those from aluminothermic welding are weak points on tracks that are easily damaged compared with rails outside the weld joints. Currently, these weak points are the defects connected with lack of penetration

in the welding area, burns at the points of poor contact of the rail foot with the current-carrying contact tips, or with defects of the weld joint machining after welding, as well as the local hardness reduction in areas affected by heat after welding, and local heat treatment after welding. Elimination of wide areas of reduced



hardness at the weld joint points producing saddles, cracks, and chipping, and promoting rails damage next to such joints is a major challenge for increasing the serviceability of weld joints.

This study introduces three avenues for elimination of increased damage of rails at weld joints including:

- Improvement of technology and equipment for electric-contact welding and local heat treatment after welding in the stationary and field conditions.
- Development of technology and equipment for induction welding in the stationary and field conditions.
- Development of technology and equipment for differentiated induction tempering of rails preliminary welded in strings 800 m long.

**Keywords:** rails; weld joints; defects; rails induction welding; heat treatment

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2019-78-4-210-217>

## REFERENCES

1. Genkin I. Z. *Svarnye rel'sy i strelochnye perevody* [Welded rails and turnout]. Moscow, Intext, 2003, 94 p.
2. *Perspektivy razvitiya parka putevykh rel'sosvarochnykh mashin* [Prospects of development of the track rail welding machines fleet] / A. I. Nikolin [et al.]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2005, no. 6, pp. 21–26.
3. *Kontaknaya svarka rel'sov i termicheskaya obrabotka svarnykh stykov rel'sov sovremennogo proizvodstva na rel'sosvarochnykh predpriyatiyakh OAO "RZD"* / A. V. Gudkov [et al.]. Svarochnye i naplavochnye tekhnologii na zheleznodorozhnom transporte: Trudy OAO "Nauchno-issledovatel'skiy institut zheleznodorozhnogo transporta" [Contact welding of rails and heat treatment of the rail weld joints of the up-to-date production at the rail welding facilities of JSC RZD / A. V. Gudkov [et al.]. In collection Welding and filling technologies at the railway transport]. Moscow, Intext, 2008, pp. 30–42.
4. Kuchuk-Yatsenko S. I. *Kontaknaya stykovaya svarka oplavleniem* [Contact welding by burning-off]. Kiev, Naukova dumka, 1992, 236 p.
5. *Svarka rel'sov s primeneniem komp'yuternoy tekhniki* [Rail welding using computer equipment] / A. I. Andreev [et al.]. Put' i putevoe khozyaystvo [Track and track facilities], 2001, no. 4, pp. 21–25.
6. Rezanov V. A. *Parametry otsenki kachestva svarnogo soedineniya pri proizvodstve rel'sovykh pletey*. Sbornik nauchnykh dokladov po materialam 133-go zasedaniya NP "Rel'sovaya komissiya" [Parameters of assessment of weld joint quality when producing rail bars. Collection of scientific reports based on the materials of 133rd meeting of NG Rail Commission], 2017, pp. 320–329.
7. *Revue Generale des Chemins de Fer* / V. Lahidalle [et al.]. Publisher: Elsevier, 2012, no. 214, pp. 20–27.
8. *Induktsionnaya svarka rel'sov i perspektivy ee primeneniya v Rossii* / V. M. Fedin [et al.]. Sbornik nauchnykh dokladov po materialam 131-go zasedaniya NP "Rel'sovaya komissiya" [Induction

welding of rails and prospects of its use in Russia / V. M. Fedin [et al.]. Collection of scientific reports based on the materials of 131st meeting of NG Rail Commission], 2015, pp. 84–94.

9. *Osnovy termicheskoy obrabotki*. In: *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka stali* / M. L. Bernshteyn [et al.] [Metalscience and heat treatment of steel: reference publication] / Under editorship of Bernshteyn [et al.]. Moscow, Metallurgiya, 1983, pp. 196–226.

10. *Perspektivnaya tekhnologiya proizvodstva rel'sov dlya vysokoskorostnogo i tyazhelovesnogo dvizheniya* [Advanced manufacturing technology of rails intended for operation in the high-speed or heavy-haul traffic environment] / S. V. Khlyst [et al.]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2013, no. 6, pp. 14–20.

11. Khlyst I. S., Kuz'michenko V. M., Khlyst S. V. *Opyt i tekhnologii kompanii dlya povysheniya potrebitel'skikh kachestv svarnykh stykov i rel'sov*. Sbornik nauchnykh dokladov po materialam 133-go zasedaniya NP "Rel'sovaya komissiya" [Experience and technologies of the company for improving the weld joints and rails performances. Collection of scientific reports based on the materials of 133rd meeting of NG Rail Commission], 2017, pp. 330–345.

12. Kuchin A. V. *Privetstvennoe slovo zamestitelya nachal'nika Tsentral'noy direksii infrastruktury-fi liala OAO "RZD"*. Sbornik nauchnykh dokladov po materialam 133-go zasedaniya NP "Rel'sovaya komissiya" [Welcome speech of the Deputy Head of the Central Directorate of infrastructure — branch of JSC "RZD". Collection of scientific reports based on the materials of 133rd meeting of NG Rail Commission], 2017, pp. 11–13.

## ABOUT THE AUTHORS

### Evgeniy A. SHUR,

Dr. Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher, Scientific Center "Rails, welding, transport material science" (SC "RSTM"), JSC "VNIIZhT"

### Vladimir M. FEDIN,

Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of Center of Industrial Technologies, FGBOU VO RUT (MIIT)

### Aleksey I. BORTS,

Cand Sci. (Eng.), Deputy Director of Scientific Center "Rails, welding, transport material science" (SC "RSTM"), JSC "VNIIZhT"

### Yulia V. RONZHINA,

Cand Sci. (Eng.), Senior Researcher, Scientific Center "Rails, welding, transport material science" (SC "RSTM"), JSC "VNIIZhT"

### Aleksander I. FIMKIN,

Cand Sci. (Eng.), Associate Professor, Head of Laboratory Material Tests, Department of Structural Engineering, FGBOU VO RUT (MIIT)

Received 21.01.2019

Revised 28.05.2019

Accepted 17.06.2019

■ E-mail: [ronzhina.yuliya@vniizht.ru](mailto:ronzhina.yuliya@vniizht.ru) (Yu. V. Ronzhina)

## ВЫШЛИ В СВЕТ ТРУДЫ ВНИИЖТ

**Актуальные вопросы развития железнодорожного транспорта:** материалы Всероссийской научно-практической конференции к 75-летию аспирантуры Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта / под ред. А. Б. Косарева, Г. В. Григориани. М.: РАС, 2019. Ч. 1. 272 с.

Рассмотрены важные экономические факторы, влияющие на развитие железнодорожного транспорта, проблемы связанные с подвижным составом, процессами управления перевозками, совершенствованием локомотивной тяги и токосъема электропод-

вижного состава, а также вопросы пути, путевого хозяйства, металл- и материаловедения.

Сборник рассчитан на научных и инженерно-технических работников железнодорожного транспорта.

По вопросам приобретения книги обращаться по адресу: 129626, г. Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10, редакционно-издательский отдел АО «ВНИИЖТ».

Тел.: (499) 260-43-20,

e-mail: [rio@vniizht.ru](mailto:rio@vniizht.ru), [www.vniizht.ru](http://www.vniizht.ru).