

ISSN 2224-5227

2016 • 1

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ
БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

REPORTS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ЖУРНАЛ 1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1944 г.
PUBLISHED SINCE 1944



Бас редактор
ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Редакция алқасы:

хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әдекенов С.М.** (бас редактордың орынбасары), эк.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әділов Ж.М.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Арзықұлов Ж.А.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Бишімбаев У.К.**, а.-ш.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Есполов Т.И.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұтанов Г.М.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**, пед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Пралиев С.Ж.**, геогр.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Северский И.В.**; тарих.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Сыдықов Е.Б.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбүсейітова М.Х.**, экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА корр. мүшесі **Бейсембетов И.К.**, биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жамбакин К.Ж.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Кәрібаев Б.Б.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Локшин В.Н.**, геол.-мин. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірсеріков М.Ш.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Садыбеков М.А.**, хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Сатаев М.И.**; ҚР ҰҒА құрметті мүшесі, а.-ш.ғ. докторы, проф. **Омбаев А.М.**

Редакция кеңесі:

Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина), Украинаның ҰҒА академигі **Неклюдов И.М.** (Украина), Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **Гордиенко А.И.** (Беларусь), Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Дука Г.** (Молдова), Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Илолов М.И.** (Тәжікстан), Қырғыз Республикасының ҰҒА академигі **Эркебаев А.Э.** (Қырғызстан), Ресей ҒА корр. мүшесі **Величкин В.И.** (Ресей Федерациясы); хим.ғ. докторы, профессор **Марек Сикорски** (Польша), тех.ғ. докторы, профессор **Потапов В.А.** (Украина), биол.ғ. докторы, профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КХР), филос. ғ. докторы, профессор **Стефано Перни** (Ұлыбритания), ғ. докторы, профессор **Богуслава Леска** (Польша), философия ғ. докторы, профессор **Полина Прокопович** (Ұлыбритания), профессор **Вуйцик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Удзир** (Малайзия), д.х.н., профессор **Нараев В.Н.** (Ресей Федерациясы)

Главный редактор
академик НАН РК **М.Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **С.М. Адекенов** (заместитель главного редактора), доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **Ж.М. Адилов**, доктор мед. наук, проф., академик НАН РК **Ж.А. Арзыкулов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **В.К. Бишимбаев**, доктор сельскохозяйств. наук, проф., академик НАН РК **Т.И. Есполов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Г.М. Мутанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**, доктор пед. наук, проф., академик НАН РК **С.Ж. Пралиев**, доктор геогр. наук, проф., академик НАН РК **И.В. Северский**; доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **Е.Б. Сыдыков**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Х. Абусейтова**, доктор экон. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И.К. Бейсембетов**, доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **К.Ж. Жамбакин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Б. Карибаев**, доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Локшин**, доктор геол.-мин. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Ш. Омирсериков**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.А. Садыбеков**, доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.И. Сатаев**; почетный член НАН РК, доктор сельскохозяйств. наук, проф., **А.М. Омбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **Гончарук В.В.** (Украина), академик НАН Украины **И.М. Неклюдов** (Украина), академик НАН Республики Беларусь **А.И.Гордиенко** (Беларусь), академик НАН Республики Молдова **Г. Дука** (Молдова), академик НАН Республики Таджикистан **М.И. Илолов** (Таджикистан), член-корреспондент РАН **Величкин В.И.** (Россия); академик НАН Кыргызской Республики **А.Э. Эркебаев** (Кыргызстан), д.х.н., профессор **Марек Сикорски** (Польша), д.т.н., профессор **В.А. Потапов** (Украина), д.б.н., профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КНР), доктор философии, профессор **Стефано Перни** (Великобритания), доктор наук, профессор **Богуслава Леска** (Польша), доктор философии, профессор **Полина Прокопович** (Великобритания), профессор **Вуйцик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Удзир** (Малайзия), д.х.н., профессор **В.Н. Нараев** (Россия)

«Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан» ISSN 2224-5227

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год. Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г.Алматы, ул.Шевченко, 28, ком.218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18

<http://nauka-nanrk.kz>, reports-science.kz

Адрес типографии: ИП «Аруна», г.Алматы, ул.Муратбаева, 75

©Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016 г.

E d i t o r i n c h i e f

M.Zh. Zhurinov, academician of NAS RK

Editorial board:

S.M. Adekenov (deputy editor in chief), Doctor of Chemistry, prof., academician of NAS RK; **Zh.M. Adilov**, Doctor of Economics, prof., academician of NAS RK; **Zh.A. Arzykulov**, Doctor of Medicine, prof., academician of NAS RK; **V.K. Bishimbayev**, Doctor of Engineering, prof., academician of NAS RK; **T.I. Yespolov**, Doctor of Agriculture, prof., academician of NAS RK; **G.M. Mutanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.Zh. Praliyev**, Doctor of Education, prof., academician of NAS RK; **I.V. Seversky**, Doctor of Geography, prof., academician of NAS RK; **Ye.B. Sydykov**, Doctor of Historical Sciences, prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.Kh. Abuseitova**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **I.K. Beisembetov**, Doctor of Economics, prof., corr. member of NAS RK; **K.Zh. Zhambakin**, Doctor of Biological Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **B.B. Karibayev**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Lokshin**, Doctor of Medicine, prof., corr. member of NAS RK; **M.Sh. Omirserikov**, Doctor of Geology and Mineralogy, prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.A. Sadybekov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.I. Satayev**, Doctor of Chemistry, prof., corr. member of NAS RK; **A.M. Ombayev**, Honorary Member of NAS RK, Doctor of Agriculture, prof.

Editorial staff:

V.V. Goncharuk, NAS Ukraine academician (Ukraine); **I.M. Neklyudov**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.I. Gordienko**, NAS RB academician (Belarus); **G. Duca**, NAS Moldova academician (Moldova); **M.I. Iolov**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **A.E. Erkebayev**, NAS Kyrgyzstan academician (Kyrgyzstan); **V.I. Velichkin**, RAS corr.member (Russia); **Marek Sikorski**, Doctor of Chemistry, prof. (Poland); **V.A. Potapov**, Doctor of Engineering, prof. (Ukraine); **Harun Parlar**, Doctor of Biological Sciences, prof. (Germany); **Gao Endzhun**, prof. (PRC); **Stefano Perni**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Boguslava Leska**, dr, prof. (Poland); **Pauline Prokopovich**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Wójcik Waldemar**, prof. (Poland), **Nur Izura Udzir**, prof. (Malaysia), **V.N. Narayev**, Doctor of Chemistry, prof. (Russia)

Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

ISSN 2224-5227

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5540-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of.219-220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz/> reports-science.kz

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 1, Number 305 (2016), 15 – 21

PROBLEMS OF RAIL WELDING AND THEIR SOLUTIONS THROUGH THE DEVELOPMENT OF PROMISING METHODS OF INDUCTION WELDING (1 message)

¹ Mashekov S.A., ² Absadykov B.N., ³ Alimkulov M.M., ¹ Smailova G.A.

¹ Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpaev, Almaty, Republic of Kazakhstan,

² Kazakh-British Technical University, Almaty, Republic of Kazakhstan,

³ Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty,
Republic of Kazakhstan

Keywords: rails, rail joints, rail steel, pin machine, jointless way.

Abstract. This article analyzes the problems and prospects of rail steels welding technology. The main directions of improvement of rail steel welding of continuous welded rail tracks, trends to improve construction of welding equipment, technological ways of preventing the formation of defects in the welds of rail steel and the main directions of improving the quality of welded joints of continuous welded rail tracks were regarded.

ПРОБЛЕМЫ СВАРКИ РЕЛЬСОВ И ИХ РЕШЕНИЕ ПУТЕМ РАЗРАБОТКИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ ИНДУКЦИОННОЙ СВАРКИ (сообщение 1)

¹ Машеков С.А., ² Абсадыков Б.Н., ³ Алимкулов М.М., ¹ Смаилова Г.А.

¹ Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан

² Казахстанско-Британский технический университет, г. Алматы, Республика Казахстан

³ Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы,
Республика Казахстан

Mashekov.1957@mail.ru, b_absadykov@mail.ru

Ключевые слова: рельсы, рельсовый стык, рельсовые стали, контактная машина, бесстыковой путь.

Аннотация. Статья посвящена анализу проблем и перспектив технологии сварки рельсовых сталей. Рассмотрены основные направления совершенствования сварки рельсовой стали бесстыковых путей, тенденции улучшения конструкции сварочного оборудования, технологические способы предупреждения образования дефектов в сварных швах рельсовой стали и основные направления повышения качества сварных стыков рельсов бесстыковых путей.

Известно [1,2], что рельсовый стык представляет собой место, в котором происходит «разрыв» рельсовой нити, что, несмотря на стыковые накладки, приводит к уменьшению жесткости и увеличению просадки. Это приводит к тому, что при движении подвижного состава через стык происходит удар колеса о головку принимающего конца рельса. Толчки и удары в стыках приводят к интенсивному износу, как ходовых частей подвижного состава, так и самих рельсов. В

результате ударов происходят смятие и выколы головки рельсов в зоне стыка на расстоянии 60-80 мм от стыкового зазора, изломы рельсов по болтовым отверстиям, изломы накладок, стыковых болтов, подкладок и прикрепителей. Вред от стыков тем больше, чем слабее их конструкция и чем хуже состояние (короткие четырехдырные накладки, плохо затянутые болты, неплотно подбитые шпалы и т.д.). Кроме того, на звеньевом пути с 25-ти метровыми рельсами очень сложно поставить и сохранить расчетные стыковые зазоры в пределах допусков. Укладка рельсошпальной решетки, как правило, производится летом, поэтому зазоры в стыках больше, чем расчетные. Для обеспечения безопасного движения поездов, путевым бригадам приходится проводить сезонные разрядки стыковых зазоров с заменой рельсов нормальной длины на укороченные (весной или летом) и удлиненные (осенью или зимой). На электрифицированных линиях, оборудованных путевой автоматической блокировкой, наличие стыков ухудшает токопроводимость цепей, что вызывает нарушение в работе автоблокировки.

Бесстыковой путь является наиболее прогрессивной конструкцией пути [1,3]. Полное отсутствие стыков создает непрерывную поверхность катания для колес подвижного состава. В современной конструкции бесстыкового пути соединение плетей производится за счет их сварки. Качественная сварка стыков с последующей шлифовкой фактически исключает наличие неровностей на поверхности катания колеса в зоне стыка. При отличном содержании пути практически не возникает каких-либо дополнительных динамических воздействий на пассажиров (полная комфортабельность), уменьшается сопротивление движению поезда на 8-12%, сокращаются расходы на ремонты подвижного состава на 10-12%. В техническом комплексе путевого хозяйства бесстыковой путь представляет собой сложную дорогостоящую конструкцию, на содержание и эксплуатацию которой затрачиваются большие технико-экономические и человеческие ресурсы [2].

Из анализа работ [3,4] следует, что к достоинствам бесстыкового пути может быть отнесено:

- уменьшение на 30-40% затрат на текущее содержание пути и повышение безопасности движения поездов, надежность конструкции;
- снижение на 8-10% основного удельного сопротивления движению поездов и, в связи с этим, экономия топлива и электроэнергии на тягу, что весьма существенно в условиях непрерывного роста цен на энергоносители;
- увеличение сроков службы верхнего строения пути за счёт меньшей, чем в звеньевом пути, повреждаемости рельсов (трещины в кромках болтовых отверстий, выколы головки, смятие и седловины). Так, отказы бесстыковых плетей по дефектам (контактно-усталостным и в стыках) возникают в 1,8-2,0 раза реже, чем рельсов звеньевом пути, а без учёта уравнительных пролётов - в 3-4 раза;
- снижение объемов работ по выправке пути (до 25-30%), связанных с просадками в стыках, особенно работ по ликвидации выплесков, которые, с увеличением осевых нагрузок, становятся большой проблемой;
- снижение интенсивности бокового износа наружной рельсовой нити в кривых и, соответственно, повреждений рельсов по этой причине в 1,5-1,6 раза;
- сокращение потребности в очистке щебёночного балласта на угольно-рудных маршрутах в 1,5-2,0 раза;
- сокращение расходов металла на стыковые скрепления (до 4,5 т-км);
- уменьшение расходов на ремонт ходовых частей вагонов и локомотивов;
- повышение комфортабельности проезда пассажиров;
- повышение надежности работы электрических рельсовых цепей автоблокировки.

Немаловажным преимуществом бесстыковой конструкции верхнего строения пути является и то, что она позволяет использовать железобетонное подрельсовое основание, которое повышает запас устойчивости, сопротивляемость продольным и поперечным перемещениям рельсов и обеспечивает равную жёсткость пути по длине [6,7]. К тому же, использование железобетонных шпал уменьшает расход деловой древесины.

Бесстыковой путь на железобетонных шпалах признан во всем мире единственно возможным вариантом верхнего строения пути для скоростных и высокоскоростных магистралей [8]. Эта конструкция верхнего строения пути в России и странах СНГ позволила освоить повышенные до

140-160 км/ч скорости пассажирских поездов.

Кроме того, бесстыковой путь, по сравнению со звеньевым, не только экономически эффективнее, но и надежнее. Так, по данным Департамента пути и сооружений ОАО "РЖД", из 71 схода подвижного состава, произошедшего на сети железных дорог в 2001-2002 гг. и отнесенного на путевое хозяйство, 67 произошли на звеньевом пути, и только 4 – на бесстыковом [9].

Благодаря этим и другим преимуществам бесстыковой конструкции, этот вариант верхнего строения пути в последнее десятилетие стал основным на главных линиях во всем мире [9].

Следует отметить, что в техническом комплексе путевого хозяйства бесстыковой путь представляет собой сложнапряженную дорогостоящую конструкцию, на содержание и эксплуатацию которой затрачиваются большие экономические, технические и человеческие ресурсы [1,2]. Повышение эффективности эксплуатации бесстыкового пути является одним из важных факторов, лежащих в основе нормального функционирования сети железных дорог стран СНГ.

Неотъемлемой составляющей бесстыкового пути являются рельсы и их сварные стыки. К качеству рельсовой стали предъявляются высокие требования особенно в современных условиях неукоснительного роста грузонапряженности железных дорог, скорости движения и нагрузок на ось [1,2]. К сварным стыкам рельсов предъявляются не менее жесткие требования. Выход из строя сварного стыка рельсов ведет к большим экономическим затратам.

Анализ повреждаемости сварных стыков рельсов показал, что головка сварного рельса является областью с самой большой вероятностью зарождения и развития дефекта [9,10]. В этой области дефекты появляются после прохождения 100-250 млн. т. брутто при норме около 700 млн. т. брутто (среднестатистические данные для качественных стыков). В шейке и подошве сварного рельса дефекты проявляются на более ранних стадиях - после прохождения 50-100 млн. т. брутто.

Количество остродефектных сварных стыков рельсов, обнаруживаемых в эксплуатации средствами дефектоскопии, с каждым годом увеличивается [11]. Так же ежегодно увеличивается количество изломов рельсов в области сварных стыков по дефектам сварки.

Ярко выраженный рост количества изломов по дефектам сварки наблюдается в последние годы при использовании на сети железных дорог для изготовления бесстыкового пути рельсов из новых марок сталей - Э76, Э76Ф и Э76Т, - отличающихся меньшим содержанием вредных примесей серы, фосфора и алюминия, и наличием примесей меди и других цветных металлов [11].

Основной технологией изготовления сварных плетей на железных дорогах стран СНГ является их сварка в стационарных условиях на рельсосварочных предприятиях, где используется электроконтактный способ [12]. Этот метод сварки является в настоящее время наиболее качественным и наиболее изученным. Кроме этого метода, для сварки рельсов также используются газопрессовая, электродуговая и алюминотермитная сварка.

Исследование комплекса прочностных и эксплуатационных свойств сварных стыков рельсов из новых марок сталей показало [13], что применяемая технология сварки непрерывным оплавлением рельсов в большинстве случаев не обеспечивает необходимого уровня конструкционной прочности и приводит к образованию в металле сварного стыка дефектов сварочного характера. Это приводит к уменьшению срока службы сварного рельса и соответствующим затратам на ремонт. Только в 2002 г. МПС России затратило около 1 млрд. руб. на замену дефектных сварных стыков рельсов в путевых условиях.

Таким образом, в путевом хозяйстве железнодорожного транспорта стран СНГ остро стоит вопрос роста количества дефектов в сварных стыках рельсов бесстыкового пути [14,15].

Основными причинами зарождения дефектов в металле сварных стыков рельсов являются следующие [16]: применение технологии контактной сварки непрерывным оплавлением рельсов из новых марок сталей Э76Ф и Э76Т не обеспечивает необходимого уровня конструкционной прочности сварных стыков рельсов и в ряде случаев приводит к образованию в металле сварного стыка рельсов дефектов сварочного характера; применяемая серийная технология термической обработки сварных стыков рельсов с упрочнением воздушно-водяной смесью в большинстве случаев приводит к образованию неблагоприятных закалочных структур в металле головки сварного стыка.

Наиболее эффективным решением вопроса повышения конструкционной прочности сварных рельсов новых марок сталей и снижения вероятности образования дефектов сварочного характера является использование контактной стыковой сварки пульсирующим оплавлением, разработанной

в ИЭС им. Е.О. Патона [17]. Предварительные исследования теплового влияния пульсирующего оплавления на комплекс механических свойств и металлографических характеристик сварных стыков рельсов сталей М76 и зарубежный опыт сварки экономнолегированных рельсов показал правильность выбранного направления.

Сущность способа пульсирующего оплавления заключается в том, что сопротивление между рельсами во время оплавления непрерывно поддерживается на уровне, обеспечивающем максимальную полезную мощность, генерируемую в месте контакта деталей [17]. При одинаковых мощности и напряжения в сварочной цепи сила тока при пульсирующем оплавлении выше в 1,5-2,5 раза, чем при непрерывном, и поддерживается во время сварки постоянной. Увеличивается скорость нагрева и уменьшаются припуски на оплавление рельсов. Можно получать концентрированный нагрев в зоне разогрева. Это сокращает время сварки. Изменение скорости оплавления регулируется по кривой тока. В компьютерной системе задается скорость оплавления и наклон кривой силы тока. Меняя эти параметры, можно изменить интенсивность нагрева в зависимости от необходимого тепловложения в стык для разных марок сталей.

Таким образом, непрерывное регулирование параметров сварки, в том числе и перед осадкой, достигаемое быстродействующими регуляторами, обеспечивает более ровную поверхность оплавления торцов рельсов. Кроме того, кратеры на торце во время оплавления имеют меньшую глубину, что понижает вероятность образования различных дефектов в сварном стыке.

По результатам механических испытаний и металлографическим исследованиям авторы работы [17] сделали вывод, что качество сварки пульсирующим оплавлением соответствует нормативно-технической документации.

В 2002 г. сотрудники ВНИИЖТа, ИЭС им. Е.О. Патона и Каховский завод электросварочного оборудования начали внедрять такое оплавление в РСР и на машинах К-1000 [11]. Были разработаны режимы сварки рельсов типов Р65 и Р75. К настоящему времени этот метод применяется почти на всех машинах. Для сварки рельсов в пути без одновременной замены устаревшего оборудования существует техническое предложение, не требующее больших капиталовложений. Это модернизация контактных машин К-355 (гидросистемы и системы управления) для сварки рельсов методом пульсирующего оплавления и оборудования ПРСМ индукционными установками для термической обработки стыков.

В работе [17] для достижения более высоких эксплуатационных свойств предложен комбинированный способ сварки давлением с последующим объемным легированием сварного стыка методом сверхглубокого проникновения частиц, полученных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.

Комбинированный способ обеспечивает: формирование мелкодисперсной структуры; повышение твердости, прочности, износостойкости сварного шва; предотвращение образования грата и снижение затрат на его удаление.

Авторы работы [18] отмечают, что, в отличие от других способов сварки, при нагреве непрерывным оплавлением соприкасающиеся поверхности свариваемых деталей (рельсов) всегда неровные из-за взрывообразного разрушения контактов, большая часть которых покрыта жидким слоем металла (расплава). На поверхности торца слой металла неоднороден по толщине. Толщина расплава на торцах рельсов зависит от особенностей разрушения элементарных контактов и может изменяться от нуля в местах, где наблюдается срыв жидкого слоя при взрыве контакта, до миллиметра на участках, где металл скапливается в углублениях на поверхности оплавления. Все участки этой поверхности имеют высокую температуру, близкую к температуре плавления металла, и могут интенсивно окисляться, так как при сварке рельсов оплавлением воздух проникает к соприкасающимся поверхностям, а зазор между ними (искровой зазор) на отдельных участках может достигать нескольких миллиметров.

Учитывая, что при взаимодействии кислорода воздуха с жидким металлом окисление протекает более интенсивно, чем при взаимодействии с твердым металлом, можно ожидать низкокачественной сварки [19]. По линии шва при сварке углеродистых низколегированных рельсовых сталей непрерывным оплавлением многие дефекты представляют собой оксиды металла и других легирующих элементов.

В работе [19] проведенный анализ карт поверхности изломов в характерном рентгеновском излучении с помощью прибора CAMEBAX 8X50 показал наличие различных, но преимущественно алюмино-кальциевых неметаллических включений. Такие включения значительно снижают прочность сварного стыка рельсов. Это характерно для контактной стыковой сварки рельсов из электростали непрерывным оплавлением и необеспечением достаточных скоростей закрытия искрового зазора при осадке.

Микроисследования подтверждают, что разрушение после статических испытаний проходит по сварному шву [20]. Во время исследования микроструктуры шва, помимо неметаллических включений, часто встречаются рыхлости, что указывает на недостаточно уплотненный металл. По мнению авторов данной работы, при разработке технологии сварки современных российских, а также импортных рельсов для достижения высокого качества шва необходимо предусмотреть регулировку интенсивности и ширины разогрева концов рельсов в процессе оплавления. Применяемый на контактных машинах старого поколения (типов К-190, К-355) способ непрерывного оплавления уже не может в полном объеме обеспечить эти требования.

Контактные машины типа К-355, составляющие более 80 % парка оборудования для сварки в пути, были созданы более 30 лет назад, они не имеют гидроаккумуляторов (максимальная начальная скорость осадки 25 мм/с) и не могут выполнять сварку методом пульсирующего оплавления [20]. Поэтому при сварке некоторых партий новых рельсов возникают проблемы, связанные с получением нужных прочности и пластичности стыков.

В работе [21] предложен способ алюминотермитной сварки рельсов. Технологический процесс алюминотермитной сварки состоит из ряда основных этапов: подготовительного, предварительного высокотемпературного подогрева, непосредственно самой сварки и заключительного этапа. На подготовительном этапе производится подготовка торцов рельсов к сварке – очистка от грязи и ржавчины, установка необходимой величины зазора, выравнивание концов рельсов, установка специальных литейных форм и реакционного тигля одноразового или многоразового применения, в котором происходит реакция горения термита. После подготовительного этапа следует этап предварительного высокотемпературного подогрева. Подогрев ведется пропано-кислородной смесью при помощи специальной горелки от 1,5 до 7 минут – в зависимости от типа рельса и технологии сварочного процесса. На этапе сварки термитная смесь поджигается в реакционном тигле, происходят соответствующие реакции горения термита и, по окончании их, автоматически открывается тигельная пробка и расплавленная термитная смесь вытекает в сварочную форму. При заливке расплавленной термитной стали в зазор концы рельсов проплавляются и свариваются. В заключительный этап входит снятие грата после полного завершения процесса кристаллизации и шлифовка стыка, выполняемая в два приема: черновая шлифовка сразу после снятия грата и чистовая шлифовка, которая проводится после полного остывания стыка и затяжки рельсовых креплений.

Таким образом, прогрессивным направлением усиления верхнего строения пути является замена болтовых стыков сварными. Применение сварки, наряду с увеличением мощности рельсов термическим их упрочнением, повышением чистоты стали и качества металла, улучшает работу пути и снижает затраты на содержание. Сварка позволяет увеличить длину рельсов, уменьшить количество дорогостоящих болтовых стыков и снизить уровень динамического взаимодействия пути и подвижного состава. В странах СНГ большое распространение получила укладка в путь бесстыковых плетей из термически упрочненных рельсов.

На дорогах стран СНГ разработана и внедрена технология контактной сварки закаленных и термически не упрочненных рельсов, обеспечивающая высокие технико-экономические показатели процесса, механизацию, автоматизацию и компьютеризацию работ. Прочность и надежность рельсов, сваренных контактным способом, достигается правильным выбором и строгим соблюдением технологии и режимов сварки, термической и механической обработки сварных стыков.

Однако при применении бесстыковой конструкции верхнего строения пути остается не решенным ряд вопросов, в частности, требуют дальнейшей проработки вопросы повышения прочности сварных швов и зоны термического влияния, т.к. количество опасных дефектов на этом участке составляет 13-15 % от общего числа дефектов на рельсовой плети.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Фешуков А.Н., Рубан В.В., Земан С.К. Комплекс высокочастотный индукционный нагревательный для термической обработки сварных стыков рельсов в путевых условиях // XV Международная научно-практическая конференция «Современные техника и технологии», 2013, С. 256-258.
- [2] Лехно И.Б. Путевое хозяйство, М.: Транспорт, 1990. 436 с.
- [3] Виногоров Н.П., Крапивный В.А. Стенд бесстыкового пути // Путь и путевое хозяйство, 2002, № 10. С. 32-34.
- [4] Альбрехт В.Г., Виногоров Н.П., Зверев Н.Б. и др. Бесстыковой путь. М.: Транспорт. 2000. 408 с.
- [5] Золотарский А.Ф., Раузин Я.Р., Шур Е.А., Великанов А.В. и др. Термически упрочненные рельсы. М.: Транспорт. 1976. 263 с.
- [6] Генкин И.З. Сварные рельсы и стрелочные переводы. М.: Интекст. 2003. 93 с.
- [7] ТУ 0921-057-01124328-98. Рельсы железнодорожные новые сварные. Технические условия. М.: Транспорт 1999. 20 с.
- [8] Федин В.М., Борц А.И., Николин А.И., Земан С.К. и др. Ресурсосберегающие технологии термической обработки на предприятиях железнодорожной отрасли // Вестник ВНИИЖТ. 2003. № 4. С. 24-29.
- [9] Технические решения по повышению качества рельсов, апробированные на Экспериментальном кольце. / Е.А. Шур // Вестник ВНИИЖТ. 2002. № 4. С 32-35.
- [10] Каталог дефектов рельсов, сваренных контактной и термитной сваркой, с возможными причинами их возникновения // ВНИИЖТ. 2001. 25 с.
- [11] Николин А.И. Разработка мер по снижению брака в сварных стыках рельсов // Вопросы развития железнодорожного транспорта: Сб. научн. тр. / Под ред. А.Б. Косарева, Г.В. Гогричани. М.: Интекст. 2004. С. 83-91.
- [12] Типовой технологический процесс изготовления и ремонта сварных рельсов в рельсосварочных предприятиях. // ВНИИЖТ. 2000. 27 с.
- [13] Исследование неоднородности сварных соединений, выполненных стыковой контактной сваркой оплавлением. /А.В. Пуйко, А.В. Зуборев, И.П. Блинкова и др. // Вопросы сварочного производства. Челябинск. 1983. С. 84-87.
- [14] Сварка рельсов с применением компьютерной техники/ А.И. Андреев, М.В. Богорский, С.В. Булгаков, И.З. Генкин и др.// Путь и путевое хозяйство. 2001. № 4. С. 21-25.
- [15] Сварные рельсы и стрелочные переводы./ И.З. Генкин //Путь и путевое хозяйство. 2000. № 10. С. 26-29.
- [16] Влияние некоторых дефектов на прочность сварных соединений, выполненных контактной сваркой. /В.И. Труфяков, В.Г. Мазур, Г.В. Жемчужников и др. //Автоматическая сварка. 1987. № 2. С. 7-9.
- [17] Кучук-Яценко С.И. Контактная стыковая сварка оплавлением. Киев: Наукова Думка, 1992. 236 с.
- [18] Сварные рельсы и стрелочные переводы./ И.З. Генкин //Путь и путевое хозяйство, 2000. № 11. С. 12-17.
- [19] Потапов Н.Н. Окисление металлов при сварке плавлением. // М.: Машиностроение. 1985. 216 с.
- [20] Образование светлой полосы при стыковой сварке оплавлением горячих заготовок. / Г.З. Ковальчук, В.П. Гречко, А.М. Ефремов и др. // Сварочное производство. 1979. № 2. С. 7 - 9.
- [21] Игнатова Е.Л. Вопросы алюминотермитной сварки в развитии высокоскоростного движения // ЭКСПЕРТ РСР. 2009. № 7. С. 28-30.

REFERENCES

1. Feshchukov A.N., Ruban V.V., Zeman S.K. The complex of high frequency induction heating for the heat treatment of welded joints of rail travel in the conditions // XV International scientific-practical conference "Modern engineering and technologies", 2013, pp 256-258. (in Russ.).
2. Lekhno I.B. Track facilities, M.: Transport, 1990. 436 pp. (in Russ.).
3. Vinogorov N.P., Kravivny V.A. Stand of jointless track // Path and track facilities, 2002, № 10. p. 32-34. (in Russ.).
4. Albrecht V.G., Vinogorov N.P., Zverev N.B., et al. Jointless way. M.: Transport. 2000. 408 p. (in Russ.).
5. Zolotarsky A.F., Rauzin Y.R., Shur E.A., Velikanov A.V., et al. Thermally hardened rails. M.: Transport. 1976. 263 p. (in Russ.).
6. Genkin I.Z. Welded rails and turnouts. M.: Intekst. 2003. 93. (in Russ.).
7. TI 0921-057-01124328-98. New Railway rails welded. Specifications. M.: Transport, 1999. 20 p. (in Russ.).
8. Fedin V.M., Bortz A.I., Nikolov A.I., Zeman S.K., et al. Resource-saving technologies of heat treatment on the railway industry enterprises // Herald VNIIZhT. 2003. № 4. p. 24-29. (in Russ.).
9. Technical solutions to improve the quality of rail, tested on a pilot ring. / EA Shur // Herald VNIIZhT. 2002. № 4. p. 32-35. (in Russ.).
10. Product defects rails welded contact and thermite welding, with their possible causes // VNIIZhT. 2001. 25. (in Russ.).
11. Nikolov A.I. The development of measures to reduce defects in the welded joints of the rails // Problems of development of rail transport: Coll. Scien. tr. / Ed. A.B. Kosarev, G.V. Gogrichiani. M.: Intekst. 2004, pp 83-91. (in Russ.).
12. A typical process of manufacturing and repair welding rails in rail welding enterprises. // VNIIZhT. 2000. 27. (in Russ.).
13. Investigation of heterogeneity of welded joints made by butt-fusion welding contact. /A.V. Puyko, A.V. Zuborov, I.P. Blinkova, et al. // Questions of welding production. Chelyabinsk. 1983, pp 84-87. (in Russ.).
14. Welding rails using computer technology. / A.I. Andreev, M.V. Bogorsky, S.V. Bulgakov, I.Z. Genkin, etc. // Path and track facilities. 2001. № 4. p. 21-25. (in Russ.).
15. The welded rails and turnouts. / IZ Genkin // Path and track facilities. 2000. № 10. p. 26-29. (in Russ.).
16. Influence of some defects on the strength of welded joints made contact welding. / V.I. Trufyakov, V.G. Mazur, G.V.

- Zhemchuzhnikov, et al. // Automatic welding. 1987. № 2. pp 7-9. (in Russ.).
17. Kuchuk-Yatsenko S.I. Contact butt welding. Naukova Dumka, 1992. 236 pp. (in Russ.).
18. The welded rails and turnouts. / I.Z. Genkin // Path and track facilities, 2000. № 11. p. 12-17. (in Russ.).
19. Potapov N.N. The oxidation of metal in fusion welding. // M.: Mechanical engineering. 1985. 216 p. (in Russ.).
20. Formation of light strip when butt welding hot billets. / G.Z. Kovalchuk, V.P. Grechko, A.M. Yefremov and others. // Welding production. 1979. № 2. pp 7 - 9. (in Russ.).
21. Ignatova E.L. Questions aluminothermic welding in the development of high-speed // Expert CPR. 2009. № 7. p. 28-30. (in Russ.).

**РЕЛЬСТЕРДІҢ ДӘНЕКЕРЛЕУ МӘСЕЛЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ИНДУКЦИЯЛЫҚ СВАРКАСЫНЫҢ
КЕЛЕШЕК ТӘСІЛДЕРІНІҢ ӨНДЕУ ЖОЛЫМЕН ШЕШУ. (1 мәлімет)**
¹Машеков С.А., ²Абсадыков Б.Н., ³Алимкулов М.М., ¹Смаилова Г.А.

Қ.И. Сатпаев атындағы Қазақ Ұлттық зерттеу техникалық университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы
Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы
М. Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан Республикасы

Mashekov.1957@mail.ru, b_absadykov@mail.ru

Түйін сөздер: рельстер, рельстік торабы, рельстік болат, жанасқан машина, бұнақсыз жол.

Аннотация. Мақала рельстік болаттардың сварка технологиясының мәселелері мен келешектерінің талдауына арналған. Бұнақсыз жолдарының рельстік болатының дәнекерлеу жетілдіруінің негізгі бағыттары, дәнекерленген жабдықтың конструкциясын жақсартуының үрдістері, темір жол болат дәнекерленген жіктердің ақауларды қалыптастыру үшін технологиялық әдістері мен үздіксіз дәнекерленген рельсті дәнекерленген торабылардың сапасын жетілдірудің негізгі бағыттары қарастырылған.

Поступила 12.01.2016 г.

**PUBLICATION ETHICS AND PUBLICATION MALPRACTICE
IN THE JOURNALS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://www.reports-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т.А. Апендиев*
Верстка на компьютере *С.К. Досаевой*

Подписано в печать 05.02.2016.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
10,25 п.л. Тираж 2000. Заказ 1.