

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), 22 – 28

**PROBLEMS OF RAIL WELDING AND THEIR SOLUTIONS
THROUGH THE DEVELOPMENT OF PROMISING METHODS
OF INDUCTION WELDING
(2 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. The article, based on an analysis of published data on the effect of welding process parameters of the rails on the quality of metal welded rail joints and study foreign experience of welding rail joints, shows that the most promising method for welding rails and heat treatment of the welds for improving the quality of the weld metal is the induction welding. It is shown that the existing technology of welding and heat treatment with induction heating does not always provide sufficient stability of service properties, does not allow to obtain the required performance of rail welds. The necessity of conducting research related to the study and development of technological parameters, modes and technology of thermal hardening weld rails with induction heating, aimed at the rational and economical use of energy and metal, is proved.

**ПРОБЛЕМЫ СВАРКИ РЕЛЬСОВ И ИХ РЕШЕНИЕ ПУТЕМ РАЗРАБОТКИ
ПЕРСПЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ ИНДУКЦИОННОЙ СВАРКИ
(сообщение 2)**

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. В статье, на основе анализа литературных данных по исследованию влияния параметров процесса сварки рельсов на качество металла сварного стыка рельсов и изучения зарубежного опыта сварки стыка рельсов показано, что наиболее перспективным способом сварки рельсов и термообработки сварных швов в отношении улучшения качества металла сварного шва является сварка с индукционным нагревом. Показано, что существующая технология сварки и термообработки с индукционным нагревом не всегда обеспечивает достаточную стабильность служебных свойств, не позволяет получить требуемые эксплуатационные характеристики сварных швов рельсов. Доказана необходимость проведения исследований, связанных с изучением и разработкой технологических параметров, режимов и технологии термического упрочнения сварных швов рельсов с индукционным нагревом, направленных на рациональное и экономичное расходование энергоресурсов и металла.

Сегодня при строительстве бесстыковых путей во всем мире все чаще используется технология стыковой сварки оплавлением [1]. Разработанные специально для этого мобильные системы для сварки рельсов отличаются высокой производительностью, малым временем на подготовку стыков рельсов, а также малой длительностью сварки (менее двух минут) и

автоматической обрезкой грата.

Известно [2], что сварное соединение рельсов без термической обработки стыков имеет крупнозернистое строение и более низкие механические свойства, чем основной металл. Зоны сварного стыка по сравнению с прокатными рельсами обладают меньшей пластичностью, вязкостью и большей склонностью к хрупким разрушениям. У рельсов обычной прочности в зоне сварки разброс твердости колеблется в небольших пределах (НВ 10-30). При сварке рельсов повышенной и высокой прочности в стыках происходит значительное снижение твердости (соответственно на НВ 100 и 150), износостойкости и предела выносливости металла в головке. Неприменение термической обработки отрицательно сказывается на сроке службы сварного стыка рельсов, так как предел усталостной прочности сварного термообработанного стыка на 40 % выше предела прочности сварного стыка, не подвергнувшегося термической обработке.

По мнению авторов работы [3], конструкционная прочность сварных стыков – важнейший фактор, влияющий на их эксплуатационную надежность. Долговечность и предел выносливости у термообработанных стыков выше на 45-50 %, чем у незакаленных рельсов.

Для повышения прочности (долговечности развития усталостной трещины), живучести, износостойкости и надежности работы в пути на дорогах России и стран СНГ разработана и внедрена сварка бесстыковых плетей с термической и механической обработкой стыков [2]. При термической обработке твердость металла головки сварных стыков рельсов повышается и выравнивается, а в процессе эксплуатации пути твердость металла еще дополнительно выравнивается.

По мнению авторов работы [4], технология с упрочнением воздушно-водяной смесью является ненадежной. Связано это с тем, что из-за частого засорения форсунок закалочных устройств в металле головки сварного стыка рельсов образовывается неблагоприятная закалочная структура со свойствами, отличными от свойств основного металла рельса. Такая структурная неоднородность по поверхности катания сварного рельса бесстыкового пути приводит к выкрашиванию этих областей металла.

В настоящее время в странах СНГ ведется политика энерго- и ресурсосбережения на железнодорожном транспорте [2,3]. Авторы данных работ утверждают, что оборудование для термической обработки сварных стыков рельсов с упрочнением воздушно-водяной смесью не отвечает требованиям этой политики. Силовая электрическая база данного оборудования собрана на деталях, приводящих к потерям полезной мощности и снижению КПД оборудования в целом. В итоге промышленные предприятия железнодорожного транспорта, занимающиеся производством сварных рельсов, вынуждены затрачивать большое количество электроэнергии при работе на данном оборудовании.

В работе [5] разработан эффективный способ термической обработки сварных стыков рельсов, основанный на нагреве сварного соединения по оптимальной форме распределения температурного поля. Данный способ позволяет исключить самоотпуск головки рельса после ее охлаждения, а это, в свою очередь, дает возможность уменьшить площадь закалочного устройства и расход сжатого воздуха. По данному способу закалку головки рельса производят путем принудительного охлаждения сжатым воздухом, которая характеризуется более равномерным и стабильным распределением твердости поверхности катания в зоне сварного соединения, чем при закалке воздушно-водяной смесью.

По мнению авторов работ [5,6], эффективная конструкция предлагаемого индуктора позволяет повысить КПД и снизить потребляемую мощность до 75 кВт, при сохранении времени нагрева в пределах 240 с.

В разработанном способе исполнение высокочастотного источника питания на IGBT транзисторах позволило поднять частоту преобразования до 15 кГц и соответственно снизить габариты всей установки. В данном способе используют воздушное охлаждение силовых узлов, что позволило значительно упростить его промышленное применение и увеличить надежность.

В работе [6] отмечается, что блок управления комплексом, выполненный на основе программно-логических контроллеров, взаимодействуя с компьютером, осуществляет автоматизацию процесса термической обработки сварных стыков рельсов с минимальным участием оператора, в то же время обеспечивает воспроизводимость процесса, регистрирует параметры с созданием соответствующих рапортов, контролирует состояние оборудования и т.д.

Авторы отмечают, что комплекс типа УИН 001-100/РТ-П имеет возможность монтироваться как на платформу передвижной рельсосварочной машины (ПРСМ), так и на отдельную технологическую платформу (турный вагон, рефрижераторная секция), что значительно облегчает задачу дооснащения уже действующих в пути ПРСМ. Для размещения оборудования комплекса требуется площадь не менее 4 м² и удаление от зоны предполагаемых работ не должно превышать 50 метров. Процесс термической обработки осуществляется после проведения операции грубой или мелкой шлифовки. Термообрабатывающий модуль устанавливается на рельс в зоне сварного стыка вручную. Вес модуля не превышает 50 кг.

В работе [6] произведенная оценка характера зоны термического влияния показала, что комплекс обеспечивает равномерный нагрев по всему сечению стыка рельса. Значения твердости металла сварного стыка рельсов после термообработки стабильны и благоприятны, и соответствуют требованиям технических условий. Микроструктура металла сварного шва и зоны термического влияния мелкозернистая, соответствует структуре основного металла рельса.

Для решения проблемы повышения эксплуатационной стойкости сварных стыков рельсов за счет применения термической обработки эффективным вариантом является создание дифференцированного уровня свойств по поперечному сечению металла сварного рельса при двустороннем упрочнении сжатым воздухом с индукционным нагревом для обеспечения напряженного состояния, наилучшим образом отвечающего нагруженности стыка в эксплуатации [2]. Применение в качестве закалочной среды сжатого воздуха позволит избежать образования неблагоприятных закалочных структур в металле сварного стыка.

Мировой опыт закалочного охлаждения рельсов и острижков стрелочных переводов подтверждает правильность выбранного направления при принятии технического решения по упрочнению сварных рельсов сжатым воздухом и созданию дифференцированного уровня свойств в металле сварного стыка двусторонней закалкой [7-9].

В работе [2] доказана необходимость применения дифференцированной термической обработки сварных стыков, заключающейся в упрочнении головки стыка с повторного перекристаллизационного индукционного нагрева всего его сечения с последующей нормализацией подошвы и шейки рельса. В результате такой операции повышается твердость металла головки до необходимого уровня. Вследствие измельчения структуры металла в шейке и подошве сварного стыка при нормализации индукционным нагревом возрастает усталостная и хрупкая прочность.

По мнению авторов работы [2], дифференцированная термическая обработка сварных стыков рельсов с упрочнением головки и нормализацией шейки и подошвы устраняет зональную структурную неоднородность металла. При этом упрочненный слой головки представляет собой мелкозернистый сорбит отпуска с тонкой сеткой феррита вокруг зерен, микротвердость составляет 3200-3450 МПа. Данная структура типична для упрочненной рельсовой стали. Микроструктура металла шейки и подошвы стыка - это сорбитообразный перлит с разрозненной сеткой феррита, микротвердость равна 2600-2800 МПа, что характерно для неупрочненной рельсовой стали.

В результате исследований, проведенных специалистами России, созданы способ и оборудование для сварки рельсов с дифференцированным термическим упрочнением и механической обработкой стыков [4,10]. Была создана индукционная установка нового поколения для термической обработки сварных стыков рельсов на технологических линиях рельсосварочных предприятий ИТСМ-250/2,4, кроме того, создана передвижная путевая машина ИТП-250/2,4.

По мнению авторов работ [4,10], в результате дифференцированной термической обработки сварных стыков на индукционных установках до уровня прочности основного металла термически упрочненных рельсов восстанавливается твердость в головке, при этом в данной головке формируется структура сорбита закалки. Пределы текучести металла и выносливости сварных рельсов не ниже прокатных. При качественной контактной сварке и обработке стыков усталостных изломов рельсов по сварке в пути практически не бывает. Для обеспечения прочности и надежности работы путей термическая обработка стыков при сварке рельсов современного и перспективного производства с высоким содержанием углерода и других легирующих элементов является обязательной.

Таким образом, при сварке рельсов обычной, повышенной и высокой прочности производится

дифференцированная термическая обработка. Она включает нагрев всего сварного стыка рельсов токами средней частоты с помощью специальных индукторов и принудительное охлаждение металла головки воздушно-водной смесью или воздухом. Индукционные установки снабжены компьютерной техникой. Это обеспечивает рациональный выбор параметров нагрева в зависимости от температуры металла стыков. Различная термическая обработка сечения сварных стыков рельсов, например, упрочнение головки с самоотпуском, повышение пластичности металла в подошве и шейке путем нормализации, выполняются в виде единой технологической операции по установленной программе на одном и том же индукционном оборудовании для различных типоразмеров рельсов и марок стали.

Следует отметить, что в литературе почти не анализируется влияние режимов индукционного нагрева и последующего охлаждения на структуру рельсовой стали, а также влияние образовавшейся структуры на эксплуатационную стойкость рельсов.

Как известно, основным фактором, определяющим уровень твердости рельсов, является размер зерен перлита и феррита. Кроме того, промышленные рельсовые стали не являются однородными твердыми растворами. Они состоят из нескольких фаз, которые находятся между собой в термодинамическом равновесии, и еще до индукционного нагрева и в последующем охлаждении содержат в матрице дисперсные частицы.

При эксплуатации рельсов эти частицы в зависимости от величины, формы и механических свойств могут вести себя по разному [3]:

1. Если малые частицы достаточно прочны, то в металле рельса напряжения распределяются неоднородно.

2. Наличие больших, твердых некогерентных выделений приводит к локальной неоднородности напряжений, что может привести к разрушению рельса в сварных стыках.

Анализ диаграммы фазового равновесия железо-углерод показал (рисунок 1), что использование высокой температуры индукционного нагрева и последующего медленного охлаждения приводит к образованию в сварных стыках рельса грубого перлита. Соответственно, в рельсе образуется крупный цементит. При низких температурах индукционного нагрева и последующего быстрого охлаждения рельса происходит образование в сварных стыках тонкодисперсного перлита. Далее это приводит к образованию мелкого цементита с большей плотностью распределения. При этом образование мелкого цементита может привести к насыщению ферритной матрицы мелкодисперсным цементитом, т.е. к значительному искажению кристаллической решетки и, соответственно, к увеличению твердости рельса.

Индукционный нагрев до температуры ниже критической точки A_1 (690–730 °С) и значительная выдержка при этой температуре может привести к рекристаллизации и частичному росту размеров зерен. При такой выдержке карбиды, образованные во время индукционной сварки, могут снова раствориться в ферритной матрице. При этом медленное охлаждение способствует вновь образованию данных карбидов, что может привести к снижению эксплуатационной стойкости рельсов.

Поэтому рекомендуется при индукционном нагреве рельсовой стали быстрый нагрев до максимальной температуры (выше точки A_1), с минимальной выдержкой, либо вообще без нее, и быстрое охлаждение до температуры 600 – 650 °С. В этом случае образуется сорбитообразный перлит с разрозненной сеткой феррита. При этом мелкодисперсный цементит растворяется в ферритной матрице и, тем самым, увеличивает твердость сварного шва рельса.

В случае быстрого охлаждения стали, содержащей > 0,71% углерода, в критическом температурном диапазоне ($A_1 < T < A_3$) аустенитные зерна превращаются в мартенсит и образуется закаленный стык рельса. Известно, что мартенсит имеет очень высокую твердость и одновременно высокую хрупкость.

Если же сталь охлаждается медленно (< 10 °С/с) от температуры отжига до A_1 , и принудительно охлаждается воздушной смесью до температур 510–420 °С, то может образовываться бейнитная структура, отличающаяся высокой прочностью и ударной вязкостью. Однако твердость такой структуры превышает нормативную твердость рельсовой стали.

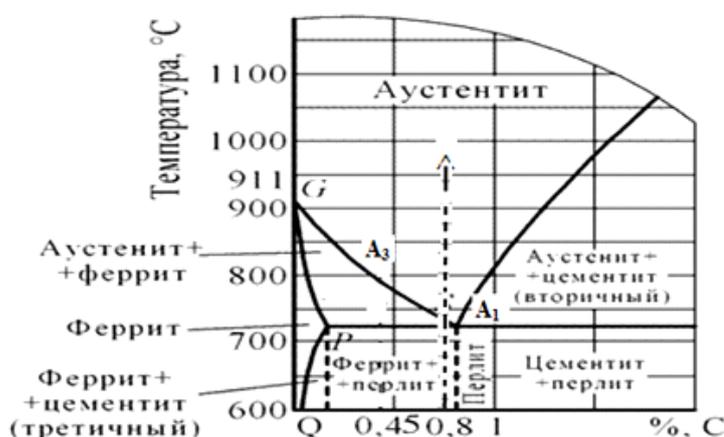


Рисунок 1 - Нагрев рельсовой стали (0,71 – 0,76 % углерода)

Таким образом, несмотря на большие успехи в области повышения стойкости рельсов, разработке рациональных технологий упрочнения стыков рельсов не уделяется должного внимания. Наиболее эффективным способом повышения их стойкости является термоупрочнение с нагревом ТВЧ. Однако ныне существующая технология не обеспечивает достаточную стабильность служебных свойств, не позволяет получить требуемые эксплуатационные характеристики сварных швов рельсов. В связи с этим необходимо проведение изысканий, связанных с изучением и разработкой технологических параметров, режимов и технологии термического упрочнения сварных швов рельсов, направленных на рациональное и экономичное расходование энергоресурсов и металла. При этом возникает необходимость изучения особенностей кинетики фазовых превращений, происходящих в упрочняемом слое рельсов в процессе нагрева и охлаждения. Эти обстоятельства обуславливают актуальность исследований, связанных с созданием новой технологии и режимов термической обработки стыков рельсов с индукционным нагревом.

Выводы

1. В настоящее время разработано достаточное количество сварочного оборудования, позволяющего повысить надежность сварного стыка и обеспечить стабильность сварки рельсов передвижными рельсосварочными машинами, а, значит, повысить безопасность движения подвижного состава на сети железных дорог стран СНГ.

2. В литературе в недостаточном объеме анализируется влияние режимов индукционного нагрева и последующего охлаждения на структуру рельсовой стали, а также влияние образовавшейся структуры на эксплуатационную стойкость рельсов.

3. Анализ литературы свидетельствует о том, что в настоящее время требуется разработка новой конструкции индукционной установки, позволяющей повысить надежность сварного стыка и обеспечить стабильность сварки рельсов передвижными рельсосварочными машинами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] www.schlattergroup.com.
- [2] Опыт проведения дифференцированной термообработки рельсов воздушным способом по технологии «ТЭК-ДТ» на промышленной установке ТЭК-ДТО-20-13,6. С. Хлыст, В. Кузьмиченко, И. Хлыст, А. Гонтарь // Инженерные решения, 2013, №1. С. 1-4.
- [3] Федин В.М. Объемно-поверхностная закалка деталей подвижного состава и верхнего строения пути. М.: Интекст. 2002. 208 с.
- [4] Бабенко П.Г., Земан С.К. Вопросы проектирования систем высокочастотного индукционного нагрева. Аппаратно-программные средства автоматизации технологических процессов. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. 196 с.
- [5] Патент на изобретение №2309185 (RU) / Фещуков А.Н., Осипов А.В., Земан С.К., Муркин М.Н. // Способ термической обработки сварных соединений рельсов, Опубл. 27.10.2007.
- [6] Фещуков 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.

- [7] Борц А.И. Острики стрелочных переводов из новой марки стали и упрочненные двухсторонней закалкой: Дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.16.01 М., 2000. 194 с.
- [8] Современные тенденции в технологии индукционной термической обработки в США / Д.Л. Ловеллесс, Р.Л. Кук, В.И. Руднев // Металловедение и термическая обработка металлов. 2001. № 6. С.3-8.
- [9] Formation Mechanism of White Line in Butt Welded Joints by Resistance Heating / T. Toshihiro, Sh. Takajoshi, S. Seiji // Techn. Res. Rawasaki. Nippon Kokan K. K. 1986. - 11 p.
- [10] Генкин И.З. Термическая обработка стыков рельсов на индукционных установках // Автоматическая сварка. 2003. № 9. С. 41-44.

REFERENCES

- [1] www.schlattergroup.com.
- [2] The experience of the differentiated heat treatment method of the air-rail technology "Energy-DT" on the plant Energy-ATT-20-13,6. S. Hlyst, V. Kuzmichenko, I. Hlyst, A. Gontar // Engineering Solutions 2013, №1. p. 1-4. (in Russ.).
- [3] Fedin V.M. Space-surface hardening of parts of the rolling stock and the track superstructure. М.: Intekst. 2002. 208 p. (in Russ.).
- [4] Babenko P.G., Zeman S.K. Questions systems design high frequency induction heating. Hardware and software process automation. Tomsk: Publishing house of Tom. University Press, 2002. 196 pp. (in Russ.).
- [5] The patent for invention №2309185 (RU) / Feshchuk A.N., Osipov A.V., Zeman S.K., Murkin M.N. // The method of heat treatment of rails welds, Publ. 27.10.2007. (in Russ.).
- [6] Feshchukov A.N., Ruban V.V., Zeman S.K. The complex 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.).
- [7] Bortz A.I. Wits switches of a new grade of steel and reinforced double-sided quenching: Diss. for the degree of PhD. tehn. Sciences: 05.16.01 Moscow, 2000 194 p. (in Russ.).
- [8] Current trends in technology induction heat treatment in the United States / DL Lovelless, RL Cook, VI Rudnev // metallurgy and heat treatment of metals. 2001. № 6. p.3-8. (in Russ.).
- [9] Formation Mechanism of White Line in Butt Welded Joints by Resistance Heating / T. Toshihiro, Sh. Takajoshi, S. Seiji // Techn. Res. Rawasaki. Nippon Kokan K. K. 1986. - 11 p.
- [10] Genkin I.V. Heat treatment of rail joints on the induction units // Automatic welding. 2003. № 9. p. 41-44. (in Russ.).

РЕЛЬСТЕРДІҢ ДӘНЕКЕРЛЕУ МӘСЕЛЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ИНДУКЦИЯЛЫҚ СВАРКАСЫНЫҢ КЕЛЕШЕК ТӘСІЛДЕРІНІҢ ӨНДЕУ ЖОЛЫМЕН ШЕШУ

(2 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, absadykov@mail.ru

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

Аннотация. Мақалада металл дәнекерлеу теміржол буындарды дәнекерлеу сапасына процесінің параметрлерін әсері жарияланған деректерге талдау және теміржол буындарды дәнекерлеу шетелдік тәжірибесін зерттеу негізінде металл жігінің сапасын жақсарту үшін рельстер және дәнекерленген термиялық өңдеу дәнекерлеу үшін ең келешекті әдісі индукциялық қыздыру дәнекерлеу екені көрсетіледі. Ол қажетті өнімділігі дәнекерленген рельстер алуға мүмкіндік бермейді, индукциялық жылыту пісіру және термиялық өңдеу қолданыстағы технологиясы үнемі қызмет қасиеттерін жеткілікті тұрақтылығын қамтамасыз етпейді деп көрсетілген. Энергетика және металлды ұтымды мен үнемді пайдалануға бағытталған индукциялық қыздыру, жылу, беріктендіру жік рельс технологиялық параметрлері, режимдерін және технологиясын зерттеуі мен дамытуына байланысты зерттеулер жүргізу қажеттілігі дәлелденген.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1 Машеков Серик Акимович – доктор технических наук РФ и РК.

Место работы: НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», профессор кафедры «Станкостроение, материаловедение и технология машиностроительного производства»

Почтовый адрес:

050013. г. Алматы, ул. Сатпаева 22, НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, кафедра «Станкостроение, материаловедение и технология машиностроительного производства»

Рабочий телефон: (8-727) 257 – 70 – 69.

Домашний телефон: (8-727) 388 – 41 – 07.

Мобильный телефон: 8-702-100-17-00.

e-mail: mashkov.1957@mail.ru

2. **Абсадыков Бахыт Нарикбаевич** - доктор технических наук, член-корреспондент Национальной академии наук РК.

Место работы: Заместитель генерального директора АО «Институт топлива, катализа и электрохимии имени Д.В. Сокольского», профессор АО «Казахстанско-Британский технический университет».

Почтовый адрес:

050010, г. Алматы, ул. Кунаева, 142, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии имени Д.В. Сокольского»

Рабочий телефон: (8-727) 291-63-74

Мобильный телефон: +7-777-225-56-84 (моб.)

e-mail: b_absadykov@mail.ru

3. **Алимкулов Мурат Маметкулович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспорт, транспортная техника и технологии»

Место работы: Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева.

Почтовый адрес:

Адрес: 050012, г. Алматы, ул. Шевченко 97, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева.

Рабочий телефон: 8 (727) 292 30 48.

Мобильный телефон: +7-775-539-98-34

e-mail: alimkulov_murat@mail.ru

4. **Смаилова Гүлбаршын Абилқасымовна** - кандидат технических наук, доцент кафедры «Станкостроение, материаловедение и технология машиностроительного производства».

Место работы: НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева».

Почтовый адрес:

050013, г. Алматы, ул. Сатпаева 22, НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, кафедра «Станкостроение, материаловедение и технология машиностроительного производства»

Рабочий телефон: (8-727) 257 – 70 – 69.

Домашний телефон: (8-727) 267 – 27 – 39.

Мобильный телефон: 8-701-767-74-19.

e-mail: gulbarshyn@mail.ru

Поступила

21.01.2016

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.