

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТЫКОВ РЕЛЬСОВ НА ИНДУКЦИОННЫХ УСТАНОВКАХ

И. З. ГЕНКИН, канд. техн. наук (ВНИИЖТ, г. Москва, РФ)

Описаны результаты разработки и внедрения технологии и оборудования российского производства для сварки и термической обработки рельсов. Отмечено создание международного стандарта «Сварные рельсы», в котором определены требования к прочности, пластичности и прямолинейности стыков, установлена область применения рельсов, сваренных разными способами.

Ключевые слова: контактная сварка, газопрессовая сварка, дуговая сварка, термитная сварка, рельс, термическая обработка

Прогрессивным направлением усиления верхнего строения пути является замена болтовых стыков сварными. Применение сварки наряду с увеличением мощности рельсов и их термическим упрочнением, повышением чистоты стали и качества металла улучшает работу пути и снижает затраты на его содержание.

В России и других странах на наземных железных дорогах, в метрополитенах, городском и промышленном транспорте при укладке новых и ремонте старогонных рельсов широко применяют сварку для увеличения их длины и перехода от звеньевому к бесстыковому пути.

Сварку рельсов в основном выполняют четырьмя способами (контактным стыковым, газопрессовым, термитным и дуговым), значительно отличающимися технико-экономическими данными. Важнейшими показателями при этом являются механические свойства и постоянство качества стыков, эксплуатационная стойкость и стоимость сварки рельсов, производительность и трудоемкость процесса, механизация и автоматизация работ.

Прочность и надежность рельсов, сваренных контактными и газопрессовыми способами, определяются прежде всего правильным выбором технологии и режимов сварки, термической и механической обработки стыков, а также строгим их соблюдением. При термитной и дуговой сварке качество стыков и долговечность рельсов зависят и от свойств присадочных материалов.

На железных дорогах России и других стран СНГ применяют контактную сварку оплавлением, позволяющую обеспечить высокие показатели прочности и пластичности стыков, наибольшую производительность и наименьшую стоимость работ, механизацию и автоматизацию процесса. Сварку рельсовых элементов стрелочных переводов выполняют контактными и термитными способами. Осуществляют дуговую ванную сварку рельсовых элементов стрелочных переводов. В небольшом объеме (примерно 5 %) используют дуговой ванный способ сварки рельсов на стационарных железнодорожных и трамвайных путях.

Работу по дальнейшему совершенствованию технологии, режимов и контактных машин для сварки рельсов выполняют ВНИИЖТ и ЦП МПС РФ, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, Каховский и Псковский заводы электросварочного оборудования.

Металл сварного соединения рельсов без термической обработки стыков имеет крупнозернистое строение (рис. 1) и более низкие показатели механических свойств, чем основной металл. Металл зоны сварного стыка, по сравнению с металлом прокатных рельсов, отличается меньшей пластичностью, вязкостью и большей склонностью к хрупким разрушениям.

У рельсов с металлом обычной прочности в зоне сварки разброс твердости колеблется в небольших пределах ($HB\ 10...30$). При сварке рельсов повышенной и высокой прочности в стыках происходит значительное снижение твердости (соответственно на $HB\ 100$ и $HB\ 150$) (рис. 1), износостойкости и предела выносливости металла в головке.

Для повышения прочности (долговечности развития усталостной трещины), живучести, износостойкости и надежности работы в пути разработана и внедрена на дорогах России и стран СНГ сварка бесстыковых плетей с термической и механической обработкой стыков.

В результате термической обработки твердость металла головки сварных стыков рельсов повышается и выравнивается. При эксплуатации в пути твердость металла дополнительно выравнивается (рис. 1, з, д).

В результате исследований, проведенных во ВНИИЖТ МПС РФ, ВНИИ ТВЧ им. В. П. Вологодина, Департаментом пути и сооружений МПС РФ в содружестве с рельсосварочными предприятиями дорог созданы способ и оборудование для сварки рельсов современного и перспективного изготовления с дифференцированным и термическим упрочнением стыков и их механической обработкой.

Дифференцированная термическая обработка при сварке рельсов обычной, повышенной и высокой прочности включает объемный нагрев всего сварного стыка рельсов токами средней частоты с помощью специальных индукторов и принудительное охлаждение металла головки воздушно-водяной смесью.



Прочность и пластичность сварных объемно закаленных рельсов типа Р65 из стали, раскисленной комплексными ферросплавами, с термической обработкой стыков при статическом поперечном трехточечном изгибе

Серия образцов, шт.	Разрушающая нагрузка (в числителе) и стрела прогиба (в знаменателе)				Расхождение показателей	
	Среднее значение, кН(тс)/мм	Основное отклонение, кН(тс)/мм	Коэффициент вариации, %	Брак, %	Критерий оценки	Коэффициент доверия
16*	$\frac{1929(192,9)}{19,5}$	$\frac{14(1,4)}{0,8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{-}{100}$	$\frac{+5,4}{+5,9}$	$\frac{1}{1}$
46**	$\frac{2247(224,7)}{42}$	$\frac{12(1,2)}{1,3}$	$\frac{6}{20}$	-		

* Сварные рельсы без термической обработки стыков.
 ** Сварные рельсы после дифференцированной термической обработки стыков с индукционного нагрева.

Различные виды термической обработки сечения сварных стыков рельсов, например упрочнение головки с самоотпуском, повышение пластичности металла в подошве и шейке путем нормализации, выполняют как единую технологическую операцию по установленной программе на одном и том же индукционном оборудовании для различных марок стали.

С целью обеспечения высокой усталостной прочности в головке и подошве, а также в шейке рельсов после удаления сварочного утолщения срезкой или

обрубкой и термической обработки стыков введено шлифование по всему их периметру крупно- и мелкозернистыми камнями.

Закалка головки от сварочных температур и нормализация подошвы контактным нагревом позволяют восстановить твердость и предел выносливости металла, обеспечивают необходимую пластичность и хрупкую прочность рельсов. Наиболее высокие значения механических свойств по прочности (разрушающей нагрузке) и пластичности (стреле прогиба) имеют сварные рельсы после дифференцированной термической обработки стыков с индукционного нагрева токами средней частоты (таблица).

Хрупкая прочность и ударная вязкость металла сварных рельсов после местной термической обработки стыков резко возрастают. Увеличение сопротивляемости хрупким разрушениям сварных рельсов обычной, повышенной и высокой прочности увеличивает надежность их работы в пути. Это особенно важно при массовом применении рельсов из сталей новых марок бесстыковых плетей и рельсов в районах с суровым климатом, на скоростных и высокоскоростных линиях.

В России созданы и изготавливаются индукционные установки для термического упрочнения стыков рельсов на технологических линиях рельсосварочных предприятий и в пути.

Техническая характеристика индукционной установки

Типы обрабатываемых рельсов	Р75, Р65, Р65К, Р50
Переходные стыки рельсов	Р75/Р65, Р65/Р50
Мощность источника питания токами средней частоты, кВ·А	250
Частота тока, кГц	2,4
Рабочий зазор между винтами индуктора и рельсом, мм	5... 10
Температура нагрева сварных стыков, °С	850... 875
Продолжительность нагрева сварных стыков, с	120... 240
Продолжительность охлаждения металла головки (закаленные рельсы), с:	
воздушно-водяной смесью	40... 80
воздухом	80... 120
Продолжительность подстуживания металла головки (термически не упрочненные рельсы)	
воздушно-водяной смесью, с	10... 20

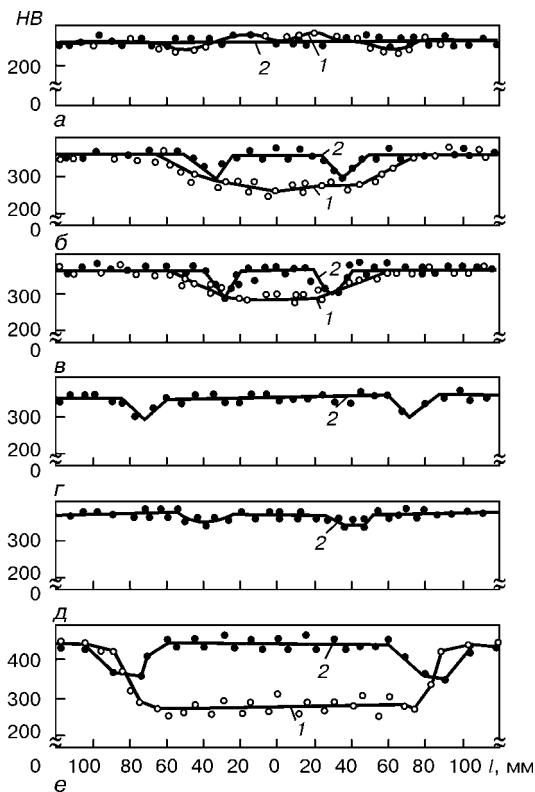


Рис. 1. Твердость металла головки сварных закаленных рельсов типа Р65: а-г — из стали М76; д — из стали 75ХГСТ; а — термически не упрочненные (малый разброс значений твердости металла); б-е — закаленные; б, в — сварка прерывистым подогревом и непрерывным оплавлением, закалка с тепла сварки; г, д — закалка с индукционного нагрева с широкой и узкой зоной нагрева в головке и тепла сварки (после пропуса 400 млн т груза брутто); в процессе эксплуатации твердость металла в головке дополнительно выравнивается и повышается; е — закалка с индукционного нагрева (большое выравнивание и повышение твердости металла); 1 — стыки без термической обработки; 2 — стыки после упрочнения (выравнивание и повышение твердости металла); кружки — единичные измерения твердости сварных стыков без термической обработки (светлые), после термической обработки (темные); l — расстояние от шва

Установки стационарные ИТСМ-250/2,4 включают технологические блоки проходного типа, оснащенные устройствами и приборами для выполнения и регистрации процесса термической обработки сварных стыков рельсов. В них име-

ются два самостоятельных согласующих трансформатора.

Технологические блоки установок размещаются в поточных линиях за контактными машинами обычно на расстоянии примерно 50 м по ходу изготовления сварных рельсовых плетей и могут перемещаться на 1...2 м в продольном направлении и возвращаться обратно, что позволяет термическую обработку выполнять одновременно со сваркой последующих стыков без снижения темпа работ. Подача и отвод рельсов производятся по рольгангам поточных линий для осуществления термической обработки сварных стыков и других технологических операций в процессе изготовления плетей.

Установка полевая ИТП-250/2,4 размещена на модернизированной платформе путеремонтной ленточки. Она работает в составе комплекса передвижной контактной машины для сварки рельсов в полевых условиях, от которого получает электрическое питание. Данная установка включает нагревательный модуль, на котором установлены индукторы и распылитель. Разделительно-согласующий трансформатор, конденсаторные батареи (сухие, без водяного охлаждения), тиристорный преобразователь и другие устройства смонтированы на платформе. Электрическое питание к индукторам осуществляется с помощью водоохлаждаемых кабелей. С платформы подаются шланги для воздуха и воды. Система водоохлаждения замкнутая.

Установки нового поколения имеют медные индукторы с железными магнитопроводами. Они обеспечивают различную длину нагрева сварных стыков в головке (на небольшой длине), шейке и подошве рельсов. Применение индукторов позволяет получать после термической обработки как в стационарных технологических линиях рельсоварочных предприятий, так и в пути плети без просадок (седловин) и иметь в сварных стыках необходимый плюсовой допуск (горбики).

На железных дорогах России дифференцированное термическое упрочнение стыков производят при сварке рельсов отечественного производства и импортных поставок в первую очередь из сталей новых марок с высоким содержанием углерода, раскисленных комплексными ферросплавами, микро- и макролегированных хромом, кремнием и другими элементами.

Обобщение результатов исследований и производственного опыта показывает, что применение дифференцированной термической обработки сварных стыков обеспечивает в металле головки восстановление прочностных свойств до уровня основного металла рельсов. Металл подошвы и шейки сварных рельсов имеет мелкозернистую структуру с высокими показателями пластичности, вязкости, долговечности развития усталостных трещин и живучести. Все это повышает надежность, эксплуатационную стойкость и срок службы сварных рельсов, закаленных и термически не упрочненных.

Сварные бесстыковые плети и длинные рельсы, закаленные с дифференцированным термическим упрочнением индукционного нагрева стыков, эк-

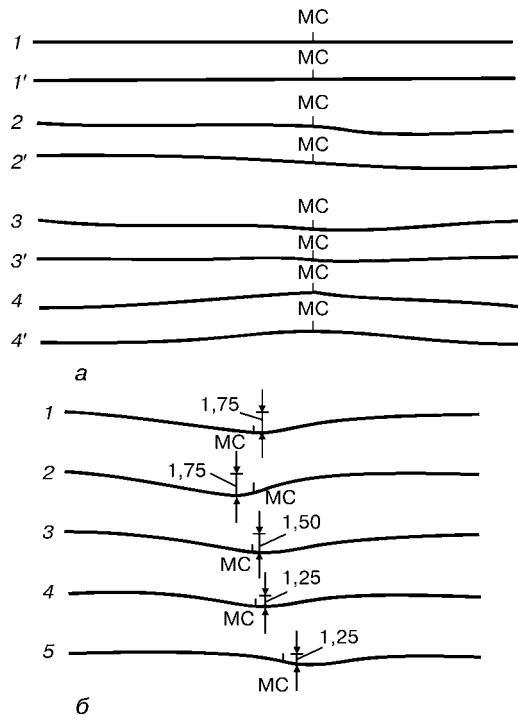


Рис. 2. Продольные профили поверхности катания сварных закаленных рельсов: а — местное упрочнение сварных стыков (соответствует требованиям технических условий); б — без восстановления закалки (не отвечает требованиям технических условий); 1-4 — при укладке и 1'-4' — после пропуска 400 млн т груза брутто; 1, 1' — неровности в пределах допуска (менее 0,3 мм на длине 1 м); 2-2' — смещения; 3-3' — седловины; 4, 4' — горбы; 1-5 — седловины в сварных стыках после пропуска по рельсам 220 млн т груза брутто; при эксплуатации происходит дальнейшее выравнивание и повышение твердости металла в головке; масштаб вертикальный 4:1; горизонтальный 1:5; МС — место сварки

сплуатируются на железных дорогах России и стран СНГ в ряде направлений более 15 лет, пропустив на отдельных участках 1 млрд т груза брутто.

В процессе длительной эксплуатации рельсов не выявлено образование седловин и горбов в сварных стыках и переходных участках при их местном упрочнении (рис. 2).

После местной термической обработки рельсов с применением новых индукторов в сварных стыках не появляются седловины, а происходит выравнивание небольших просадок. Это способствует выпуску плетей с ровной поверхностью катания и плюсовым допуском в сварных стыках в вертикальной плоскости, что оказывает благоприятное влияние на эксплуатацию рельсов пути.

Для выравнивания больших просадок или выпуклостей (при местном изгибе не более 2 и 3 мм на длине соответственно 1,0 и 1,5 м) на рельсоварочных предприятиях железных дорог применяется правка сварных стыков в горячем состоянии. Это позволяет улучшить прямолинейность сварных рельсов, что особенно важно в связи с возрастанием скоростей движения поездов и массовой укладкой бесстыкового пути.

На путях железнодорожного, а также городского и промышленного транспорта весьма актуальным является использование вместо болтовых стыков с переходными накладками сварных рельсов разных профилей. Это связано с тем, что



такие накладки являются недолговечными вследствие концентрации напряжений в местах их перехода от одного рельса к другому, особенно при изготовлении в условиях дистанции пути. Рельсы переходного профиля, соединенные накладками, являются, кроме того, напряженными местами пути.

В связи с этим возникла необходимость создания сварных рельсов переходного профиля без нарушения их целостности и с обеспечением плавного изменения сечения и жесткости по длине. Для этого были применены местный нагрев, пресование на необходимый размер подошвы и шейки рельсов большего сечения, контактная стыковая сварка двух смежных профилей с последующей термической и механической обработкой стыков.

Изготовлены индукторы, позволяющие осуществлять необходимый нагрев для пресования и резания рельсов механическим способом лезвийным инструментом. Механическая обработка сварных стыков, особенно переходного профиля, должна выполняться вдоль рельса абразивным инструментом без задигов и нарушения сечений с обеспечением плавных переходов.

Обработку стыков производят по всему периметру заподлицо с основным профилем вдоль рельса абразивным инструментом с крупной (125-63) зернистостью. В средней части шейки на ширине 30 мм производят дополнительную чистовую обработку абразивным инструментом с мелкой (40-25) зернистостью на длину шлифования сварного стыка с вращением круга в поперечном направлении рельса.

Правильно сваренные и обработанные рельсы переходного профиля имеют высокую прочность и надежность стыков, однородность качества и успешно работают в различных эксплуатационных и климатических условиях. Переход от болтовых стыков с накладками к сварным рельсам переходного профиля повышает срок их службы в местах соединений в десять и более раз, снижает стоимость затрат в два раза.

Внедрение разработанных технических решений по сварным рельсам с дифференцированной термической обработкой стыков на основе индукционного нагрева токами средней частоты в три раза уменьшает случаи отказа стыков, снижает затраты на ремонт и содержание пути. Годовая экономия по сети составляет 210 млн руб.

Results of development and application of the Russian technology and equipment for welding and heat treatment of rails are presented. Computerised equipment of foreign manufacture is considered. Institution of the international standard "Welded Rails" is noted, the standard specifying requirements to strength, ductility and rectilinearity of the joints, and application fields for the rails welded by different methods.

Срок гарантии сварных контактных стыков рельсов устанавливается по количеству пропущенного по ним груза (для рельсов типов Р75 и Р65 — 150 млн т брутто, типа Р50 — 120 млн т брутто), но не более пяти лет с момента поставки.

На основании проведенных исследований и обобщения опыта эксплуатации в пути ВНИИЖТ МПС РФ и ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины создан международный стандарт «Рельсы сварные» (Док. П-1127-98). Во ВНИИЖТ МПС РФ и ВНИИ ТВЧ им. В. П. Вологодина также разработаны технические указания по сварке рельсов и термической обработке стыков. Сварные рельсы с дифференцированной термической обработкой стыков (Док. П-1128-98) отвечают требованиям технических условий России и международного стандарта. В международный стандарт включены разработанные технические требования к показателям прочности, пластичности и прямолинейности сварных стыков рельсов всех типоразмеров и марок сталей, сваренных разными способами, определена область их применения.

Выводы

1. Разработаны и внедрены технология и оборудование для термической обработки сварных стыков рельсов.

2. Сварные рельсы отечественного производства и импортных поставок (Австрия, Канада, Франция, Япония и др.) из углеродистых и легированных сталей, выполненные разными способами сварки с дифференцированной термической обработкой стыков, имеют длительный срок службы бесстыковых плетей в пути при работе в различных эксплуатационных и климатических условиях.

3. Создан международный стандарт «Рельсы сварные», определены требования к показателям прочности, пластичности и прямолинейности стыков, установлены сферы применения рельсов, сваренных разными способами.

4. Переход на термическую обработку стыков с индукционного нагрева токами средней частоты обеспечивает дальнейшее повышение качества, прочности и надежности при сварке бесстыковых плетей и длинных рельсов, на 10 % увеличивает производительность труда, на 15...20 % снижает трудовые и материальные затраты.

Поступила в редакцию 14.03.2003,
в окончательном варианте 24.04.2003