

УДК 621.791.927.5

Волков Д. А., Лысак В. К., Сергиенко Ю. В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ ОБОЙМ РЕЛЬСОВЫХ СТЫКОВЫХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ

Рельсы на электрифицированных железнодорожных линиях служат обратным проводом, по которому электрический ток возвращается на тяговую подстанцию.

Сопротивление рельсовой цепи складывается из двух частей: сопротивления самих рельсов и переходных сопротивлений рельсовых стыков [1].

Переходное сопротивление рельсового стыка является переменной величиной, изменяющейся в широких пределах, и зависит от степени затяжки стыка, состояния рабочих поверхностей рельса и состояния погоды. Переходные сопротивления стыков значительно повышают общее сопротивление рельсовой цепи. Это вызывает увеличение падения напряжения в рельсах и создаёт благоприятные условия для возникновения блуждающих токов, т. е. токов, ответвляющихся в землю и возвращающихся к тяговым подстанциям по земле и проложенным в земле трубопроводам, оболочкам кабелей и т.п.

Для того чтобы по возможности уменьшить сопротивление рельсовой цепи, концы звеньев рельсов соединяются между собой электрическими стыковыми соединителями [2, 3].

Целью работы является разработка технологического процесса контактной точечной сварки обойм рельсовых стыковых соединителей для повышения их эксплуатационной надёжности.

Общий вид стыкового рельсового соединителя представлен на рис. 1. Для обеспечения надёжности соединителя, обойма 2 на конце троса 1 должна быть выполнена с нахлесткой и сварена с образованием прочного нахлесточного соединения. В противном случае обойма в процессе эксплуатации быстро разбивается. При этом нагрузка от колебаний троса передается на околошовную зону соединения трос-пластина, где усталостная выносливость металла значительно понижена и здесь достаточно быстро происходит разрушение соединения.

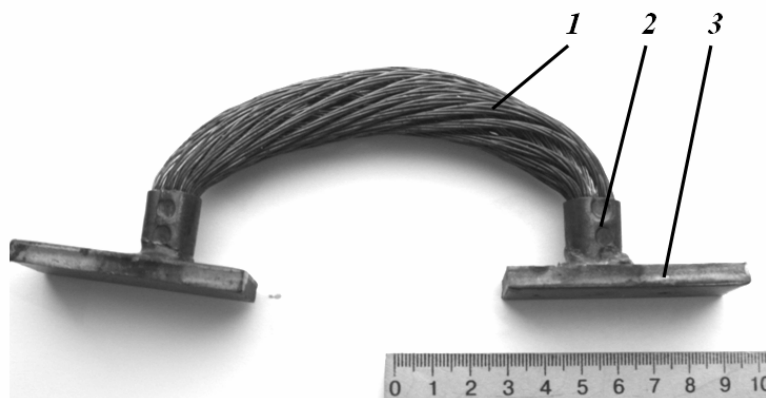


Рис. 1. Общий вид стыкового рельсового соединителя:
1 – гибкий медный трос; 2 – обойма; 3 – пластина

Для сварки нахлесточного соединения обоймы на конце троса может быть применена электродуговая или точечная контактная сварка.

При дуговой сварке сложно избежать подплавления проволок троса вблизи зоны соединения и обеспечить достаточно высокую производительность [3].

Высокая производительность процесса при требуемом качестве сварного соединения может быть обеспечена при применении точечной контактной сварки.

Точечная сварка данного нахлесточного соединения (рис. 2, а) затруднена исключительно интенсивным шунтированием через внешнюю часть нахлестки. Сопротивление цепи шунтирования, как видно из рисунка, примерно равно сопротивлению цепи сварочного тока, а в начальный момент, пока велико сопротивление контакта R_k , сопротивление цепи шунтирования может оказаться даже меньше сопротивления цепи сварочного тока.

Производили сварку обойм из низкоуглеродистой стали толщиной $1,0 + 1,0$ мм на следующих рекомендуемых режимах [4]: $d_{э} = 5$ мм, $I_{св} = 6000 \dots 7000$ А, $t_{св} = 0,2 \dots 0,34$ с, $P_{св} = 600 \dots 1200$ Н. Однако, сварка нахлесточного соединения обоймы на указанном режиме дает совершенно неудовлетворительные результаты, так как фактический сварочный ток значительно меньше установленного вторичного тока сварочной машины, вследствие интенсивного шунтирования.

Для уменьшения шунтирования был предложен фигурный нижний электрод (рис. 2, б). Конструкция электрода предусматривает наличие V-образного паза, соизмеримого с диаметром свариваемой обоймы и наличие изолирующей текстолитовой прокладки с одной стороны паза. Это обеспечивает увеличение в $1,4 \dots 1,5$ раза сопротивления цепи шунтирования и уменьшению сопротивления цепи сварочного тока.

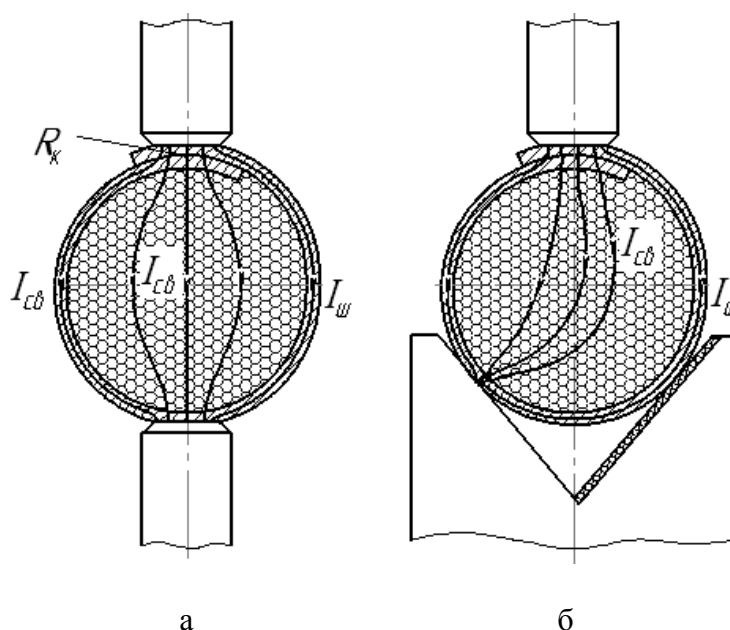


Рис. 2. Схема сварки при использовании цилиндрических электродов (а) и фигурного нижнего электрода (б)

Для определения влияния режима сварки на прочность соединения была проведена серия экспериментов по сварке образцов на различных режимах. Диаметр электрода и усилие сжатия поддерживались неизменными $d_{э} = 5$ мм, $P_{св} = 1200$ Н. Варьировались вторичный ток сварочной машины МТ-1222 и время сварки. Сваренные образцы испытывались на срез на разрывной машине УММ-5. С этой целью сваренная обойма разрезалась по линии параллельной нахлестке, расположенной диаметрально противоположно сваренной точке, выравнивалась и к ее краям приваривались пластины размером $1 \times 20 \times 50$ мм при помощи точечной сварки, для закрепления образца в губках разрывной машины [5].

Из анализа работы стыковых рельсовых соединителей известно, что нахлесточное соединение не разрушается в процессе эксплуатации соединителя, если его прочность на срез составляет $3000 \dots 3500$ Н [1].

Результаты испытаний образцов, сваренных с применением цилиндрического и фигурного нижнего электрода, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Экспериментальные данные о прочности соединения в зависимости от параметров режима сварки

Параметры режима сварки		При цилиндрическом нижнем электроде			При фигурном нижнем электроде		
I_2 , А	$t_{св}$, сек	F, Н	$F_{ср}$, Н	ΔF	F, Н	$F_{ср}$, Н	ΔF
10000	1,5	230; 480; 100	270	0,47	1170; 1370; 1000	1180	0,16
10000	1,6	880; 610; 930	807	0,157	1620; 1860; 1750	1743	0,06
10000	1,74	1550; 2870; 2070	2163	0,215	3100; 3670; 3360	3377	0,06
10000	1,84	2620; 2010; 2930	2520	0,133	3500; 3850; 3690	3680	0,36
10000	2,4	3360; 3010; 3180	3183	0,037	3910; 3820; 4080	3937	0,027
10000	2,88	3230; 3370; 3550	3380	0,033	4050; 3930; 4190	4057	0,024
11500	1,5	2770; 1620; 2000	2130	0,197	3300; 3690; 3110	3367	0,072
9000	1,84	590; 400; 940	643	0,294	1410; 1210; 1150	1257	0,119
9000	2,4	2950; 2680; 2070	2567	0,127	3770; 3880; 3560	3737	0,035
8200	2,4	1590; 2770; 2010	2123	0,2	3300; 3640; 3080	3340	0,113

В табл. 1 приведены значения прочности соединения, полученные при различных значениях параметров режима сварки, а также усредненные значения относительного отклонения прочности от своего среднего значения.

Для проведения анализа зависимости прочности соединения от параметров режима сварки и формы нижнего электрода были построены уравнения регрессии и определены их коэффициенты. Вычисление коэффициентов осуществлялось с помощью ПЭВМ по методу наименьших квадратов с использованием пакета MathCAD [6].

В результате расчета получаем следующие уравнения регрессии:

– при цилиндрическом нижнем электроде:

$$F = -16960 - 0,8918 \cdot I + 15350 \cdot t + 0,00009965 \cdot I^2 - 3013 \cdot t^2; \quad (1)$$

$$\Delta F = 1,284 - 0,00006458 \cdot I - 0,2321 \cdot t; \quad (2)$$

– при фигурном нижнем электроде:

$$F = -8551 - 2,862 \cdot I + 17290 \cdot t + 0,000203 \cdot I^2 - 3488 \cdot t^2; \quad (3)$$

$$\Delta F = 0,5112 - 0,00002998 \cdot I - 0,07305 \cdot t. \quad (4)$$

Используя полученные уравнения и экспериментальные данные, строим зависимости влияния параметров режима сварки (I_2 , $t_{св}$) на прочность нахлесточного соединения обоймы (рис. 3).

Из построенных зависимостей видно, что требуемая прочность соединения с использованием цилиндрического электрода может быть получена при $I_2 = 10000 \dots 11500$ А и $t_{св} = 1,7 \dots 2,3$ сек.

Анализ образцов, сваренных на указанных режимах, показывает, что при этом нередко происходит подплавление, а иногда и пережег проволок троса вблизи зоны сварки. Нестабильность прочности составляет 10...15 %.

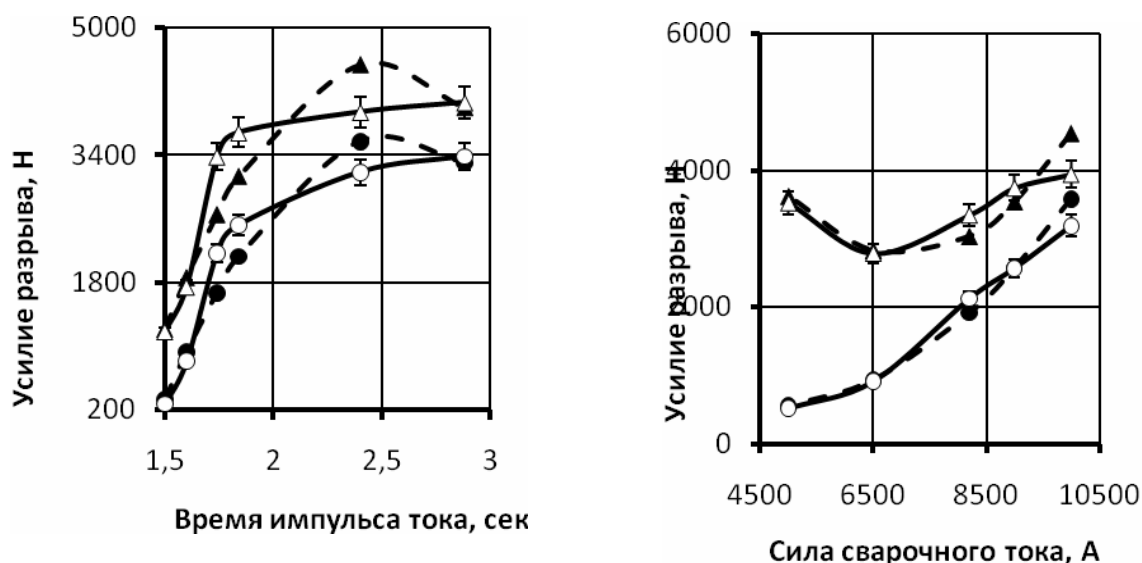


Рис. 3. Влияние параметров режима точечной контактной сварки на прочность сварной точки:

○ – нижний электрод цилиндрический; Δ – нижний электрод с V-образным пазом (экспериментальные данные); ●, ▲ – то же расчетные значения, полученный по зависимостям (1–3)

При использовании фигурного нижнего электрода требуемая прочность соединения обеспечивается при $I_2 = 9500 \dots 10500$ А и $t_{св} = 1,6 \dots 2$ сек. Подплавление проволок троса при этом отсутствует, а нестабильность прочности соединения составляет 5...10 %.

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ позволяет рекомендовать для сварки нахлесточного соединения обоймы рельсового стыкового соединителя, контактную точечную сварку на машинах типа МТ-1222, МТ-2201 с использованием фигурного нижнего электрода с V-образным пазом и изолирующей текстолитовой прокладкой, позволяющей существенно снизить ток шунтирования и повысить прочность и стабильность соединения.

Рекомендуется сварку производить при следующих параметрах режима: $I_2 = 9500 \dots 10500$ А, $t_{св} = 1,6 \dots 2$ сек, $P_{св} = 1000 \dots 1200$ Н.

После сварки нахлесточного соединения обоймы с целью более надежного зажатия троса обоймой целесообразно выполнить дополнительное ее обжатие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абросимов А. Е. Эффективность стыковых соединителей / А. Е. Абросимов, А. К. Давыдов // Путь и путевое хозяйство. – 2001. – № 8. – С. 31–33.
2. А. с. 1308512 СССР. МКИ В 60 М 5/00, Н 01 R 3/00. Рельсовый стыковой электросоединитель / В. К. Лысак, И. И. Гуменшаймер, В. М. Карпенко и др.; заявитель и патентообладатель Краматорский индустриальный институт. – №3868183/31-11; заявл. 11.03.85; опубл. 07.05.87, Бюл. № 17. – 3 с. : ил.
3. Пат. 2085415 Российская Федерация, МПК⁶ В 60 М 5/00. Соединитель рельсовый стыковой / П. П. Супрун, А. Г. Кириленко, В. А. Крапивный и др.; заявитель и патентообладатель Дальневосточная государственная академия путей сообщения. – №95122313/11; заявл. 26.12.95; опубл. 27.07.97, Бюл. № 27. – 4 с. : ил.
4. Банов М. Д. Технология и оборудование контактной сварки: учебное пособие / М. Д. Банов. – 3-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 224 с.
5. Обеспечение качества контактной точечной сварки за счёт стабилизации вторичного тока при износе сварочных электродов / А. А. Герасимов, А. С. Климов, А. Н. Анциборов, М. С. Гончаров // Сварочное производство. – 2007. – № 5. – С. 10–13.
6. Обработка результатов методом наименьших квадратов в среде MathCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://solidbase.karelia.ru/edu/meth_calc/files/mathcad3.shtm.