

УДК 629.4 : 621.791 + 06

*Л. А. Кармазина, В. Н. Кротов, И. В. Плискин, Я. В. Янгель, Д. В. Нерубленко***ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ СВАРНЫХ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗОВ¹**

Аннотация: К числу одних из ответственных узлов механической части электровоза относится тележка, передающая тяговые усилия на кузов и воспринимающая как вертикальные, от подрессоренной части кузова, так и горизонтальные тяговые и тормозные усилия. Технологичность изготовления сварной рамы определяется такими критериями, как выбор материала, обеспечивающего требуемую свариваемость, благоприятное конструктивное оформление узла для простоты и удобства изготовления при возможности применения нескольких способов сварки на различных режимах и низкой себестоимости производства за счет экономии сварочных материалов и повышения производительности.

Ключевые слова: электровоз, тележка, сварные соединения, технологичность, свариваемость, сварочные материалы.

Для цитирования: Кармазина, Л. А. Оценка технологичности сварных деталей электровозов / Л. А. Кармазина, В. Н. Кротов, И. В. Плискин, Я. В. Янгель, Д. В. Нерубленко // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1. – С. 21–25.

Проведение мероприятий по дальнейшему повышению безопасности движения поездов, совершенствование узлов железнодорожного подвижного состава с целью увеличения их эксплуатационной надежности, а также удлинение межремонтных циклов являются важными направлениями современного производства.

К числу одних из ответственных узлов механической части электровоза относится тележка. Электровозы переменного тока, выполненные в двухсекционном 2ЭС5К и в трехсекционном исполнении ЭС5К, имеют тележку со следующими техническими характеристиками:

- длина, мм – 4780;
- ширина, мм – 2750;
- масса, т – 21,2;
- подвешивание двигателя – опорно-осевое;
- подвешивание буксовой ступени – независимое, индивидуальное.

Рама тележки выполняет функцию соединения всех ее элементов в единый механизм. При помощи независимого рессорного подвешивания воспринимает и перераспределяет горизонтальные и вертикальные колебания от кузова, а также воспринимает и передает тяговые и тормозные усилия.

Технические характеристики рамы тележки:

- длина, мм – 4700;
- ширина, мм – 2580;
- высота, мм – 1180;
- масса, т – 2,868.

При изготовлении рамы тележки электровоза значение приобретает задача повышения технологичности выполнения сварных швов, решаемая по нескольким направлениям.

¹Статья рекомендована к публикации оргкомитетом по результатам 15-й юбилейной Международной научно-практической конференции «Перспективы развития локомотиво-, вагоностроения и технологии обслуживания подвижного состава».

Технологичность сварного соединения определяется такими критериями, как выбор материала, обеспечивающего требуемую свариваемость, благоприятное конструктивное оформление узла для простоты и удобства изготовления при возможности применения нескольких способов сварки на различных режимах и низкой себестоимости производства за счет экономии сварочных материалов и повышения производительности.

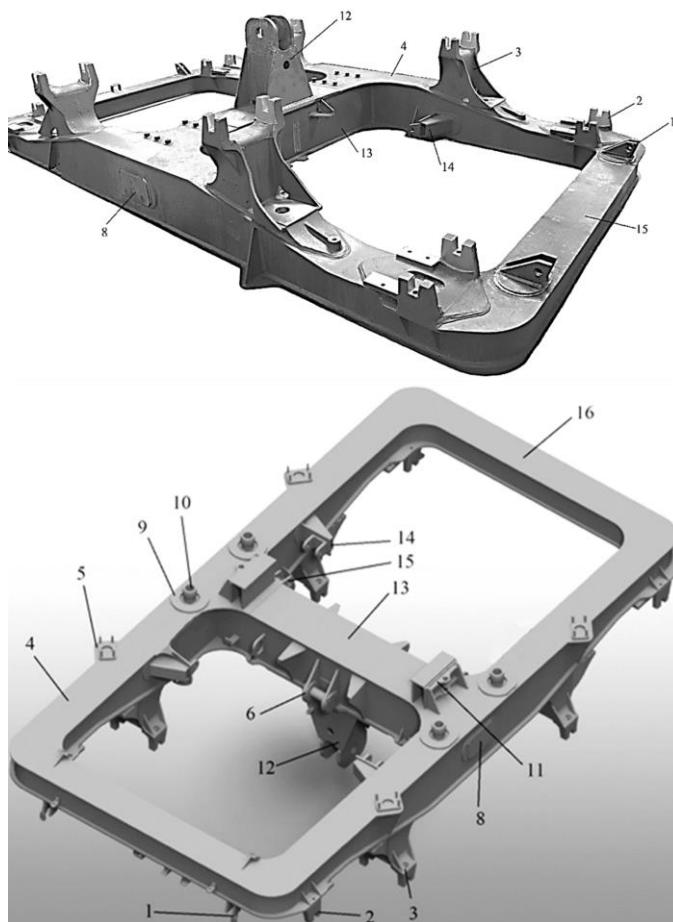


Рис. 1. Тележка электровоза ЭС5К «Ермак»:

- 1 – кронштейн для крепления подвесок тормозной системы; 2 – литой малый буксовый кронштейн; 3 – большой буксовый кронштейн; 4 – боковины; 5 – фланца для крепления вертикальных гидродемпферов; 6 – кронштейны для установки подвески тяговых двигателей; 7 – кронштейн люлечного подвешивания; 8 – накладки для контакта с боковыми упорами; 9 – накладки; 10 – стойки опор кузова «Флексикойл»; 11 – кронштейны для установки горизонтальных гидродемпферов; 12 – кронштейн для крепления наклонной тяги; 13 – средняя балка; 14 – кронштейны для крепления подвесок тормозной системы; 15 – кронштейны подвесок тормозной системы; 16 – концевая балка

Технологичность сварного соединения определяется также возможностью применения высокопроизводительных способов сварки, применением для максимального числа операций технологического процесса автоматизации и механизации, а также сведением к минимуму деформаций, вызываемой тепловым и механическим воздействием при сварке и исключением дефектов сварных соединений.

Технологичность сварной металлоконструкции обеспечивается правильным выбором основного металла, типа соединения и формы свариваемых элементов, способов сварки и мероприятий по уменьшению сварочных напряжений и деформаций.

Требование обеспечения технологичности сварных узлов рамы тележки, прежде всего, определяют отсутствие, как дефектов самих деталей и сборочных единиц рамы, так дефектов сварных швов.

Пригодность конструкционной стали в сварных металлоконструкциях определяются его свариваемость, так как механические и эксплуатационные свойства в состоянии поставки не определяют в полной мере пригодность для изготовления конкретного изделия.

Сталь подвергается не только термическим, но также химическим и механическим воздействиям в процессе сварки, что приводит к изменению ее химического состава, структуры и большинства свойств. Эти изменения происходят в различных зонах основного металла, а также вблизи сварного шва, что приводит к неравноценности их свойств. В зоне сварного соединения механические и другие эксплуатационные свойства металла могут резко отличаться от свойств основного металла. В частности, для сварных соединений конструкционных легированных сталей отмечается как снижение прочности шва и околошовной зоны, так и понижение пластичности и ударной вязкости, если основной металл находился на момент сварки в состоянии упрочняющей термообработки. Эксплуатация таких соединений связана с опасностью хрупкого разрушения при динамических нагрузках или при понижении температуры до отрицательных значений. Это весьма актуально для сварных рам тележек подвижного состава.

Равноценность эксплуатационных свойств основного металла и металла зоны сварного соединения обязательно учитывается на этапе разработки, что достигается выбором хорошо свариваемых сталей - низкоуглеродистых и низколегированных.

При изготовлении рамы тележки электровоза ЭС5К применение низкоуглеродистых и низколегированных сталей не ограничивается какими-либо требованиями к способу и режимам сварки.

Рама двухосной тележки электровоза «Ермак» представляет собой сварную металлоконструкцию, изготовленную сваркой из листового материала и поковок. Рассмотрим на предмет оценки технологичности изготовление комплектующих узлов тележки: боковин, средних и концевых балок, а также приварку кронштейнов.

В качестве основного металла для заготовки деталей комплектующих узлов рамы тележки выбрана конструкционная низкоуглеродистая низколегированная сталь марок 09Г2С, 10ХСНД (ГОСТ 19282-82), Magstrong S700.

ГОСТ 19282-89 «Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия» определяет требования к прокату (листовому, полосному, универсальному, фасонному, сортовому) и гнутым профилям из стали повышенной прочности, которая может быть применена для изготовления клепаных, сварных и болтовых конструкций.

Сталь Magstrong S700 Магнитогорского металлургического комбината (включена в РД 22-16-2005) – горячекатаная с высоким пределом текучести для холодной штамповки. Сталь обладает высокой ударной вязкостью при низких температурах. Сталь Magstrong S700 применяется при изготовлении и ремонте деталей грузоподъемных механизмов и строительных конструкций, спецтехники, несущих конструкций различных сооружений, а также для нагруженных сварных конструкций.

Сталь обладает не только высокой вязкостью и способностью к холодному профилированию, но и хорошей свариваемостью.

Массовая доля элементов стали Magstrong S700, не более, %: углерод – 0,12; кремний – 0,60; марганец – 2,10; сера – 0,015; фосфор – 0,025; ниобий – 0,09; молибден – 0,50; ванадий – 0,20; алюминий – 0,015; титан – 0,22; бор – 0,005.

Механические свойства стали Magstrong S700:

- предел прочности, МПа – 750...950;
- предел текучести, МПа – 700...820;
- относительное удлинение, %, не менее – 12;

- ударная вязкость, Дж/см² – 39;
- изгиб 180° – min 1,5t (t – толщина проката).

Сварочная проволока MagWire MS700 диаметром 0,8...1,6 мм применяется для механизированной и автоматической дуговой сварки плавящимся электродом в инертных газовых смесях изделий из конструкционной стали марки Magstrong S700. Сварка проводится постоянным током обратной полярности.

Химический состав неомеднённой сварочной проволоки MagWire MS700 обеспечивает требуемые характеристики металла шва.

Массовая доля элементов сварочной проволоки MagWire MS700, не более, %: углерод – 0,10; кремний – 0,70; марганец – 1,80; хром – 0,40; никель – 1,6; ванадий – 0,10; молибден – 0,30; сера – 0,015; титан – 0,015; фосфор – 0,015; азот – 0,01.

Рекомендованные параметры режима сварки для проволоки (MAGWIRE) диаметром 1,6 мм при различных значениях сварочного тока указаны в табл. 1.

Таблица

Рекомендованные параметры режима сварки для проволоки (MAGWIRE) диаметром 1,6 мм при различных значениях сварочного тока

Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Рекомендуемая скорость сварки, см/мин	Род тока	Полярность тока	Защитная среда
150	16,5	30	Постоянный	Обратная	82%Ar + 18%CO ₂
230	21,0	50			
370	34,0	80			

Указанные режимы сварки позволяют получить наплавленный металл со следующими механическими свойствами:

- предел прочности, Н/мм², не менее – 764,4...940,8;
- предел текучести, Н/мм², не менее – 686;
- относительное удлинение, % не менее – 17;
- ударная вязкость, Дж/см², не менее: KCV⁻²⁰ – 69; KCV⁻⁴⁰ – 59; KCV⁻⁶⁰ – 39.

Библиографический список

1. **Губарев, П. В.** Исследование боковых колебаний жесткой двухосной тележки на прямом участке пути / П. В. Губарев, А. С. Шапшал, А. Д. Глазунова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 2. – С. 544–546. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-2-544-547. – EDN KXVDYK.
2. **Ворон, О. А.** Особенности конструкции универсального кузова для инновационных изотермических вагонов / О. А. Ворон // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2021. – № 8(105). – С. 77–86. – DOI 10.30987/1999-8775-2021-8-77-86. – EDN SOIACU.
3. **Бобриков, Ю. В.** Механизм управления химическим составом наплавленного металла с использованием керамических флюсов / Ю. В. Бобриков, С. Ю. Волобуев, Ю. С. Волобуев, Н. Н. Потапов, Г. В. Даровской // Сварочное производство. – 2023. – № 3. – С. 30–35. – DOI 10.34641/SP.2023.1060.3.022.
4. **Бобриков, Ю. В.** Металлургические особенности влияния кремния на свойства металла при сварке под флюсом нержавеющей сталей аустенитного класса / Ю. С. Волобуев, С. Ю. Волобуев, Н. Н. Потапов, Ю. В. Бобриков, Г. В. Даровской // Сварочное производство. – 2022. – № 6. – С. 5–12. – DOI 10.34641/SP.2022.1051.6.038.

L. A. Karmazina, V. N. Krotov, I. V. Pliskin, Ya. V. Yangel, D. V. Nerublenko

ASSESSMENT OF MANUFACTURABILITY OF WELDED PARTS OF ELECTRIC LOCOMOTIVES

Abstract. One of the most important components of the mechanical part of an electric locomotive is the bogie, which transmits traction forces to the body and receives both vertical, from the sprung part of the body, and horizontal traction and braking forces. The manufacturability of a welded frame is determined by such criteria as the choice of material that provides the required weldability, favorable design of the unit for simplicity and ease of manufacture with the possibility of using several welding methods in different modes and low production costs due to savings in welding materials and increased productivity.

Keywords: electric locomotive, bogie, welded joints, manufacturability, weldability, welding materials.

For citation: Karmazina, L. A. Assessment of manufacturability of welded parts of electric locomotives / L. A. Karmazina, V. N. Krotov, I. V. Pliskin, Ya. V. Yangel, D. V. Nerublenko // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya. – 2024. – № 1. – P. 21–25.

Сведения об авторах

Кармазина Людмила Алексеевна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Технология металлов»,
кандидат технических наук,
доцент,
e-mail: tehn_met@rgups.ru

Кротов Владимир Николаевич

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Технология металлов»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: tehn_met@rgups.ru

Плискин Илья Викторович

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
студент,
e-mail: tehn_met@rgups.ru

Янгель Ярослав Вадимович

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
студент,
e-mail: tehn_met@rgups.ru

Нерубленко Данил Витальевич

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
студент,
e-mail: llh@rgups.ru

Information about the authors

Karmazina Lyudmila Aleekseevna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Technology of Metals»,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
e-mail: tehn_met@rgups.ru

Krotov Vladimir Nikolaevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Technology of Metals»,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
e-mail: tehn_met@rgups.ru

Pliskin Ilya Viktorovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Student,
e-mail: tehn_met@rgups.ru

Yangel Yaroslav Vadimovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Student,
e-mail: tehn_met@rgups.ru

Nerublenko Danil Vital'evich

Rostov State Transport University (RSTU),
Student,
e-mail: llh@rgups.ru