

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ ENGINEERING TECHNOLOGY

Научная статья

УДК 629.4.027.23

DOI: 10.26730/1999-4125-2022-6-14-23

ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ БОКОВОЙ РАМЫ ГРУЗОВОГО ВАГОНА БЕЗ ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Зайдес Семен Азикович, Федоров Максим Васильевич, Гречнева Мария Васильевна

Иркутский национальный исследовательский технический университет

*для корреспонденции: zsa@istu.edu



Информация о статье

Поступила:

01 ноября 2022 г.

Одобрена после

рецензирования:

01 декабря 2022 г.

Принята к публикации:

08 декабря 2022 г.

Ключевые слова:

грузовой вагон, боковая рама, опорная поверхность, износ, металлонаполненный полимер, машина трения, коэффициент трения

Аннотация.

Актуальность работы: В статье представлены результаты работ по продлению срока службы боковых рам грузового вагона, изъятых из оборотного фонда по причине предельного износа опорной поверхности буксового проема.

Цель работы: Разработка технологии восстановления опорной поверхности боковой рамы грузового вагона при оставшейся высоте прилива менее 0,5 мм и наличии местных канавкообразных углублений в тело рамы глубиной более 2 мм без температурного воздействия, исключая температурные напряжения и деформаций во внутреннем проеме R55. Необходимо произвести подбор материала, отвечающего всем необходимым технологическим и эксплуатационным свойствам, исключающим дальнейший износ основного металла и образования усталостных трещин.

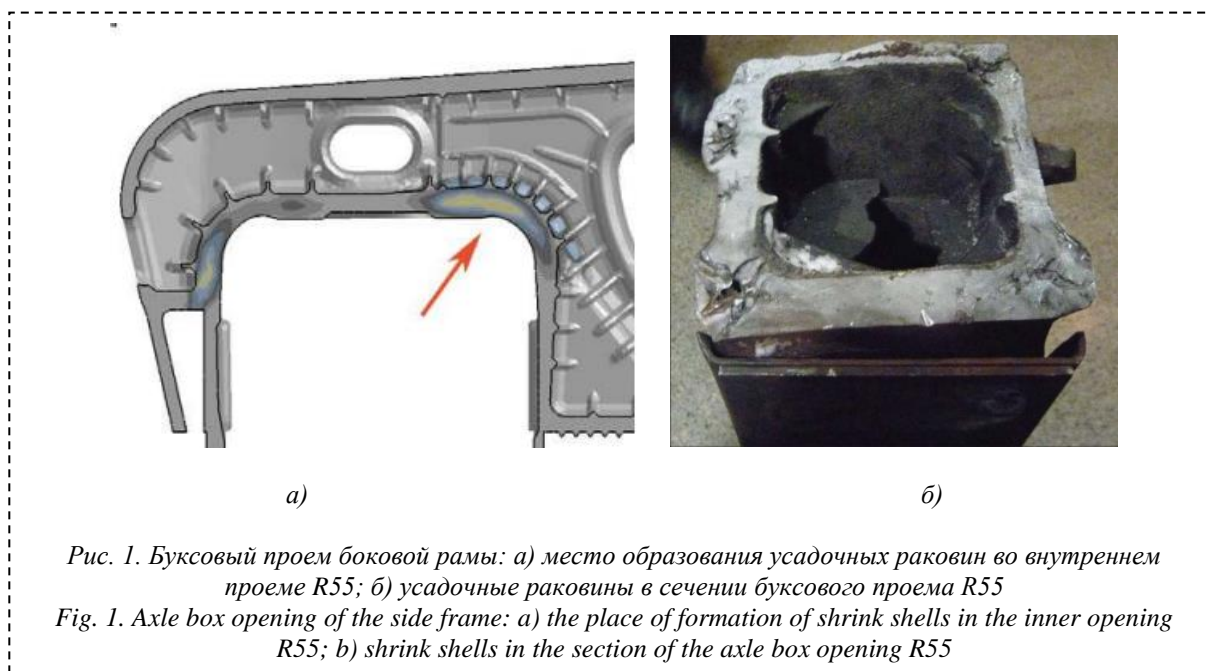
Методы исследования: Для определения трибологических свойств, а также целесообразности применения металлонаполненного полимера в качестве ремонтного материала проведены лабораторные исследования на машине трения. Анализ эффективности применения металлонаполненного полимера сделан на основании подконтрольных эксплуатационных испытаний на кольцевых маршрутах Восточно-Сибирской железной дороги.

Результаты: Применение металлонаполненного полимера позволяет продлить срок службы боковых рам, изъятых из оборотного фонда. При восстановлении изношенной опорной поверхности нанесенный металлонаполненный полимер образует ровную поверхность для постановки буксового узла без перекосов, а в процессе эксплуатации сочетает в себе прочностные и пластические свойства, что обеспечивает безопасность движения тележки по рельсовому пути.

Для цитирования: Зайдес С.А., Федоров М.В., Гречнева М.В. Технология восстановления опорной поверхности боковой рамы грузового вагона без термического воздействия // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2022. № 6 (154). С. 14-23. doi: 10.26730/1999-4125-2022-6-14-23

Введение

При эксплуатации подвижного состава железнодорожного транспорта детали тележек грузовых вагонов в результате воздействия больших знакопеременных динамических нагрузок подвергаются усиленному износу сопрягающихся поверхностей. Тележка является основной



ходовой частью грузового вагона, обеспечивающей безопасность движения вагона по рельсовому пути с необходимой плавностью хода и наименьшим сопротивлением движению [1-3].

Боковая рама – геометрически сложная и ответственная деталь тележки грузового вагона. Конструктивная геометрия боковой рамы состоит из поверхностей второго порядка, их получают гравитационным литьем в земляные формы с последующей механической обработкой.

Сложная конструкция боковой рамы в составе тележки позволяет выдерживать высокие статические и динамические нагрузки от кузова вагона на колесные пары. Кроме постоянно действующих нагрузок от массы вагона, боковая рама испытывает значительные удары при прохождении колес по стыкам рельсов, а также от действия центробежной силы при прохождении кривых участков пути. В результате перечисленных нагрузок происходит износ направляющих и опорной поверхностей буксового проема боковой рамы [4-8].

В соответствии с инструкцией РД 32 ЦВ 052-2009 «Ремонт тележек грузовых вагонов с бесконтактными скользунками» износ опорной поверхности боковой рамы восстанавливать электродуговой или газопламенной наплавкой запрещено. При образовании на поверхности местных канавкообразных углублений технологический прилив фрезеруется в плоскость, что приводит к резкому уменьшению его высоты, а, следовательно, и к сокращению срока службы. При оставшейся высоте прилива опорной поверхности менее 0,5 мм и наличии местных углублений более 2 мм в тело рамы боковые рамы изымаются из эксплуатации и списываются из оборотного фонда в металлолом.

Неоднократно проведенные расчеты методом конечных элементов [9-13] при моделировании боковой рамы показали неравномерное распределение напряжений в сопрягающей зоне нижнего сечения буксового проема боковой рамы R55 (рис. 1а). При рассмотрении изломов боковых рам в сопрягающей зоне нижнего сечения буксового проема боковой рамы проема R55 (рис. 1б) наблюдаются усадочные раковины и другие литейные дефекты, выходящие на поверхность. Данные дефекты являются очагами зарождения усталостных трещин, которые быстро развиваются в условиях напряженно-деформированного состояния, что в дальнейшем приводит к излому боковой рамы [14-15].

Основной целью данной работы является разработка технологии восстановления опорной поверхности изъятых из оборотного фонда боковых рам, обеспечивающей продление срока их службы.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- произвести подбор материала, отвечающего всем необходимым технологическим и эксплуатационным свойствам, исключающим дальнейший износ основного металла и образование усталостных трещин;

– разработать технологию восстановления опорной поверхности без температурного воздействия, исключая температурные напряжения и деформаций во внутреннем проеме R55.

Выбор материала для восстановления опорной поверхности

Для восстановления изношенных опорных поверхностей боковых рам без термического воздействия в качестве ремонтного материала принято решение применить металлополимерный состав, прочностные свойства которого определяются адгезионными силами присоединения к металлической поверхности.

Металлонаполненные составы позволяют ремонтировать и восстанавливать поврежденные механизмы и оборудование в минимальные сроки без применения нагрева или сварки, исключая образования внутренних напряжений и деформаций, а также выгорания дорогостоящих легирующих элементов, при этом исключая или минимизируя дальнейшую обработку восстановленной поверхности [16-20].

Для восстановления изношенной опорной поверхности буксового проема боковой рамы выбран высокопрочный двухкомпонентный металлонаполненный полимер «Анатерм-203», предназначенный для соединения различных металлов при ремонте различных узлов и механизмов. По своим технологическим свойствам данный полимер может заменить пайку, клепку, запрессовку, а также обеспечивать герметичность при устранении пробоев, трещин и течей в агрессивных средах и под давлением.

Состав полимера имеет пастообразную консистенцию и используется в сочетании с отвердителем. Тиксотропия пастообразного материала позволяет выполнять работы на вертикальных и потолочных поверхностях. Свойства металлополимера представлены в таблице 1.

Таблица 1. Физико-механические свойства металлонаполненного полимера «Анатерм-203»

Table 1. Physical and mechanical properties of metal-filled polymer "Anaterm-203"

Наименование показателя	Анатерм-203
Внешний вид	пастообразная масса
Твердость по Бринеллю, МПа	100-150
Предел прочности при сжатии, МПа	75-85
Предел прочности при отрыве от стали 12X18H10T при температуре 20-25 ⁰ С, МПа	30-35
Температурный диапазон эксплуатации, ⁰ С	До 150
Время схватывания при 20-25 ⁰ С, ч	3-3,5
Время полного отверждения при 20-25 ⁰ С, ч, не менее	24
Жизнеспособность при 20-25 ⁰ С, мин	30-40
Водопоглощение, %	0,05-0,1

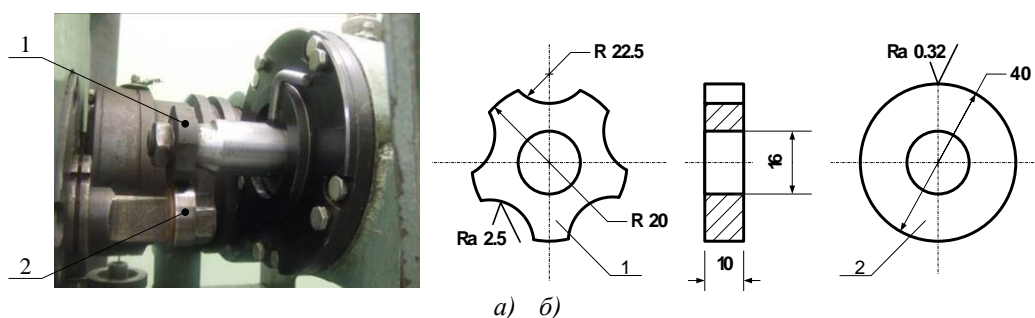


Рис. 2. Лабораторные испытания на машине трения СМЦ-2:
а) испытания по схеме «ролик-звездочка»; б) параметры образцов
1 – звездочка, изготовлена из металлонаполненного полимера
2 – ролик, изготовлен из стали 20ГЛ

Fig. 2. Laboratory tests on the SMC-2 friction machine:
a) tests according to the "roller-asterisk" scheme; b) sample parameters
1 – star, made of metal-filled polymer; 2 – roller, made of 20GL steel

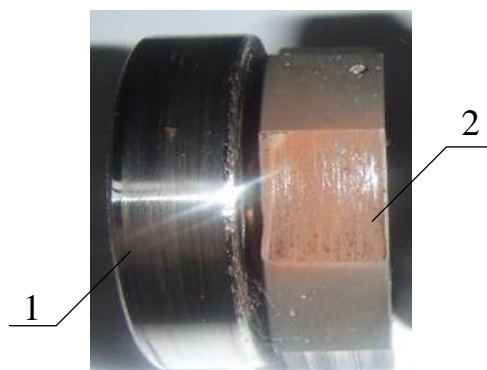


Рис. 3. Внешний вид поверхностей трения образцов «Сталь 20ГЛ – Металлополимер»

1 – ролик, изготовлен из стали 20ГЛ; 2 – звездочка, изготовлена из металлонаполненного полимера

Fig. 3. Appearance of the friction surfaces of the samples "Steel 20GL – Metal polymer" 1 – roller, made of steel 20GL; 2 – star, made of metal-filled polymer

Таблица 2. Результаты износа контактирующих материалов при испытании «Сталь 20ГЛ – Металлополимер»

Table 2. Wear results of contacting materials during the "Steel 20GL – Metal Polymer" test

Величина износа металлополимерной звездочки, гр.			Величина износа стального ролика, гр.	Момент трения, кгс·см
1 час	2 часа	3 часа	3 часа	
0,0095	0,0335	0,0672	0,0195	5,1

Результаты лабораторных исследований металлонаполненного полимера

Для определения трибологических свойств, а также целесообразности и эффективности применения металлонаполненного полимера в качестве ремонтного материала проведены лабораторные исследования. Для проведения испытаний в лабораторию Цветных металлов и трибологии ВНИИЖТ представлены образцы, изготовленные из металлополимерного материала и стали 20ГЛ (рис. 2).

В процессе проведения исследований были поставлены основные цели испытаний:

- определение интенсивности изнашивания при взаимодействии пар трения «Металлополимер – Металлополимер», «Сталь 20ГЛ – Металлополимер» без смазки в зоне контакта;

- изучение трибологических свойств металлонаполненного полимера при определении момента и коэффициента трения указанных пар.

Испытания проводились на серийной машине трения СМЦ-2, имеющей нагружающее устройство до 2,8 кН (280 кгс) и предназначенной для изучения процесса трения, износа, антифрикционных свойств материалов при трении скольжения и трении качения. Запись момента трения производилась на приборе КСП-2.

Вес образцов и изменения массы в процессе испытаний определяли на аналитических весах ВЛР-200г 2 класс, ГОСТ 19491-74.

Испытания образцов проводились с заданными параметрами по схеме «ролик-звездочка» (рис. 2а): звездочка в процессе трения неподвижна; ролик вращается со скоростью 300 об/мин; нормальная нагрузка – 3,7 кгс (37Н); удельное давление – 3,7 кгс/см²; максимально допустимая температура в зоне трения 140⁰С; время испытаний – по одному часу на каждый из трех подходов.

Перед началом испытаний образцы обезжировали, вытирали насухо и производили контрольное взвешивание, затем устанавливали на машину трения с нагрузкой 3,7 кгс. Испытания проводили в течение одного часа с постоянным контролем температуры в зоне контакта и записью момента трения. После каждого часа проведения испытаний образцы снимали, протирали насухо и взвешивали. Результаты испытаний заносили в таблицы 2, 3.

По результатам испытаний «Сталь 20ГЛ – Металлополимер» выявлено:

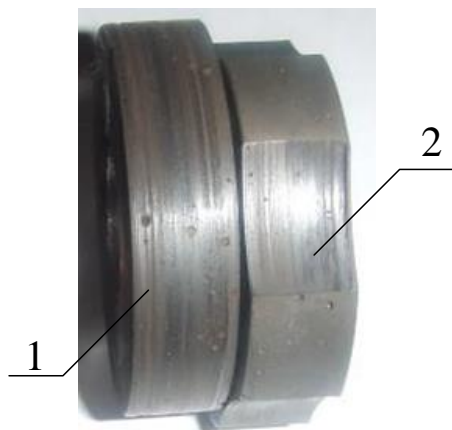


Рис. 4. Внешний вид поверхностей трения образцов «Металлополимер –Metalлополимер»

1 – ролик, изготовлен из металлонаполненного полимера;

2 – звездочка, изготовлена из металлонаполненного полимера

Fig. 4. Appearance of the friction surfaces of the samples

"Metallopolymer – Metallopolymer"

1 – roller, made of metal-filled polymer; 2 – star, made of metal-filled polymer



Рис. 5. Определение величины износа

Fig. 5. Determination of the amount of wear

– температура в зоне контакта пары трения не превышала 80°C в течение всего времени испытаний;

– поверхность трения металлополимерной звездочки была гладкой, без повреждений, но имела рыжеватый оттенок;

– поверхность трения металлического ролика была гладкой и не имела повреждений (рис. 3).

Коэффициент трения в системе «Сталь20ГЛ – Металлополимер» определяли по формуле:

$$f_{mp} = \frac{M_{mp}}{r_p \cdot P},$$

где: $M_{тр}$ – момент трения, кгс·см;

r_p – радиус ролика, см;

P – нагрузка, N, (кгс).

Для данных условий испытаний он составил $f_{тр}=0,69$.

Результаты испытаний пары трения «Металлополимер – Металлополимер» показали:

– в течение трех часов при заданной нагрузке 3,7 кгс температура в зоне трения пары составляла около 145°C;

– поверхности трения ролика и звездочки были гладкими и блестящими;

– повреждения и продукты износа на поверхностях трения отсутствовали (рис. 4).

Коэффициент трения в системе «Металлополимер – Металлополимер» составил $f_{тр}=0,54$.

При рассмотрении поверхностей установлено, что в условиях испытаний при температуре 145°C в зоне контакта произошло подплавление металлополимера, что придало поверхностям трения гладкость и блеск. Термически модифицированная шероховатость поверхностей изменила трибологические свойства металлонаполненного полимера и механизм изнашивания. Опыт показывает, что применение однородных материалов в парах трения является наименее эффективным и приводит к повышенному износу как образца, так и тела.

В данном случае момент трения оказался меньше, но он работал при температуре, близкой к

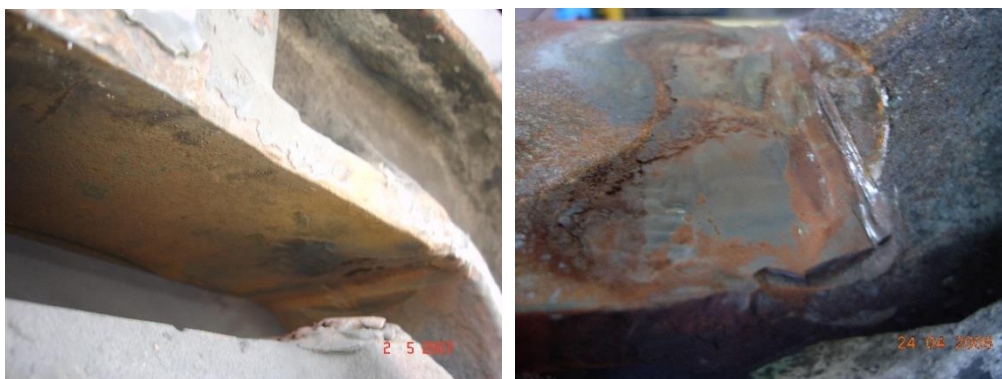
критической, что недопустимо.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что при применении металлонаполненного полимера в паре трения со сталью металлополимер дополнительно

Таблица 4. Исходная глубина износа опорных поверхностей боковых рам

Table 4. Initial wear depth of the support surfaces of the side frames

№ боковой рамы	Левый буксовый проем				Правый буксовый проем			
	с внешней стороны		с внутренней стороны		с внешней стороны		с внутренней стороны	
	износ, мм		износ, мм		износ, мм		износ, мм	
	до	после	до	после	до	после	до	после
1	1	0	3	0	5	0	6.5	0
2	3.5	0	3.5	0	6	0	4	0



а)

б)

Рис. 6. Определение качества восстановленных опорных поверхностей боковых рам:

а) пробег 78 000 км; б) пробег 159 612 км

Fig. 6. Determination of the quality of the restored support surfaces of the side frames: a) mileage 78,000 km; b) mileage 159,612 km

Таблица 5. Износ опорных поверхностей боковых рам после пробега 159 612 км
Table 5. Wear of the support surfaces of the side frames after running 159,612 km

№ боковой рамы	Левый буксовый проем				Правый буксовый проем			
	с внешней стороны		с внутренней стороны		с внешней стороны		с внутренней стороны	
	износ, мм	примечание	износ, мм	примечание	износ, мм	примечание	износ, мм	примечание
1	1	частичные сколы	0	сохранение м/полимер.	0	сохранение м/полимер.	6,5	отсутствие м/полимер.
2	1	частичные сколы	3	отсутствие м/полимер.	6	частичные сколы	4	частичные сколы

выступает как антифрикционный материал, снижая коэффициент трения, а, следовательно, и износ.

Эксплуатационные испытания восстановленных опорных поверхностей боковой рамы в соответствии с разработанной методикой

В вагонно-ремонтном депо Восточно – Сибирской железной дороги ст. Вихоревка проведены работы по восстановлению опорной поверхности буксового проема боковой рамы металлонаполненным полимером.

Для эксплуатационных испытаний были отобраны две боковые рамы, изъятые из оборотного фонда по причине износа опорной поверхности более 2 мм в тело, на момент обследования пробег 0 км (рис. 5).

Восстановление проводилось металлонаполненным полимером согласно разработанной технологии при температуре окружающего воздуха 19⁰С. Перед нанесением металлонаполненного полимера опорные поверхности были зачищены до металлического блеска и обезжирены растворителем.

Полученную смесь нанесли шпателем на восстанавливаемые поверхности в места износа до приведения поверхности в плоское состояние с выдержкой в течение 120 минут до полного затвердевания. Геометрические параметры опорных поверхностей боковых рам до и после восстановления представлены в таблице 4.

Восстановленные боковые рамы были собраны в одну тележку, установлены под вагон-лесовоз, прошедший деповской ремонт, и отправлены в подконтрольную эксплуатацию по кольцевым маршрутам Восточно-Сибирской железной дороги.

По истечению одного года эксплуатационных испытаний на механизированном пункте ремонта вагонов Иркутск – Сортировочный проведен осмотр опорных поверхностей буксовых

проемов боковых рам тележки подконтрольного вагона. При постановке на плановый технический осмотр пробег вагона составил 78 000 км. При осмотре отколов и трещин на опорной поверхности тележек и местах нанесения металлонаполненного полимера не выявлено (рис. 6а). Комиссионно было принято решение о продлении эксплуатационных испытаний.

По прошествии еще одного года в вагонном ремонтном депо ст. Тайшет Восточно-Сибирской железной дороги проведен осмотр опорных поверхностей буксового проема боковых рам тележки, восстановленных металлонаполненным полимером при постановке вагона на деповской ремонт. На момент обследования пробег вагона составил 159 612 км.

При проведении осмотра было выявлено частичное отсутствие металлонаполненного полимера на 40% восстановленных поверхностей. При проведении дефектоскопии трещины на опорных поверхностях буксового проема боковых рам отсутствовали (рис. 6б). Данные по износу опорной поверхности представлены в таблице 5.

При проведении визуального осмотра и линейных измерений опорных поверхностей экспериментальных боковых рам установлено, что на некоторых поверхностях сохранилось полное или частичное наличие металлонаполненного полимера или полное его отсутствие, но при измерении глубины дефектов выявлено, что дальнейший износ в тело боковой рамы отсутствует, а, следовательно, можно повторно произвести работы по восстановлению опорных поверхностей металлонаполненным полимером и запустить вагон в последующую эксплуатацию.

Заключение

Применение металлонаполненного полимера позволяет продлить срок службы боковых рам, изъятых из оборотного фонда. По результатам эксплуатационных испытаний залитый металлонаполненный полимер образует ровную поверхность для постановки буксового узла без перекосов, а в процессе эксплуатации сочетает в себе прочностные и пластические свойства, что обеспечивает безопасность движения тележки по рельсовому пути.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сенько В. И. [и др.] Анализ причин повреждения и возможности продления срока службы боковых рам тележек грузовых вагонов // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно-практический журнал. 2010. № 4. С.13-18.
2. Лагерев И. А. Оценка ресурса литых деталей железнодорожного подвижного состава // Сборник материалов международной научной студенческой конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам «Научному прогрессу – творчество молодых». Йошкар-Ола : МарГТУ, 2009 г. Ч. 3. С. 150-152.
3. Мусаев Ж. С., Сүлеева Н. З., Джакупов Н. Р. К вопросу усталостных испытаний литых деталей грузовых тележек // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. 2019. № 2 (109). С. 49-57.
4. Steel castings. Association of American Railroads Mechanical Division. Manual of Standards and Recommended Practices: Specifications M-201-84. 1984. 9 с.
5. Мельников А. П., Кукуй Д. М., Черепович А. В. Производство стальных тонкостенных отливок для грузовых железнодорожных вагонов с использованием современных литейных технологий. // Литье и металлургия. 2008. №4. С. 71-77.
6. Детали литые. Рама боковая и балка надрессорная. Технические требования. УВЗ-50-41 - 2002 ДТ. Н. Тагил. 2002. 6 с.
7. Детали, литые из низколегированной, стали для вагонов железных дорог колеи 1520 мм. Рама боковая и балка надрессорная. Технические требования. ТТ ЦВ 32-695-2006. М., 2006. 31 с.
8. Довгаль Е. А. Анализ конструктивных и эксплуатационных особенностей тележек грузовых вагонов // В сборнике: ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО. сборник научных трудов. 2019. С. 274-278.
9. Горленко А. М., Медведев Ф. В., Колмогорцев И. В. Методика геометрического моделирования, анализа напряженно-деформированного состояния и автоматизированного контроля корпусных деталей подвижного железнодорожного состава // САПР и графика. 2009. №7 (153). С. 91-94.
10. Зиновьев Д. В. Основы проектирования в Autodesk Inventor 2016. Изд. 2-е/ под ред. Азанова М. М. : ДМК Пресс, 2017. 256 с.
11. Монастырский А. В., Бубнов В. М., Котенко С. П., Балакин В. В. Излом боковой рамы тележки грузового вагона. Анализ технологии производства, пути устранения дефектов // CADMASTER. 2012. № 5. С. 60–65.
12. Мартыненко С. В., Огородникова О. М., Грузман В. М. Использование компьютерных методов для повышения качества крупногабаритных тонкостенных стальных отливок // Литейное производство. 2009.

№ 11. С. 21–26.

13. Горелов В. Н. Расчет напряженно-деформированного состояния боковой рамы тележки грузового вагона // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. 2019. № 2. С. 20–25.

14. Огородникова О. М., Мартыненко С. В., Грузман В. М. Прогнозирование кристаллизационных трещин в стальных отливках // Литейное производство. 2008. № 10. С. 29–34.

15. Зарипов Р. Ю. Сравнительный анализ консольных частей боковых рам тележек грузовых вагонов с различной технологией литья // В сборнике: Global Science and Innovations 2018. Materials of the International Scientific Conference. Евразийский центр инновационного развития DARA. 2018. С. 78-83.

16. Наполнители для полимерных композиционных материалов (справочное пособие). Под ред. Каца Г. С., Милевски Д. В. М. : Химия, 1981. 736 с.

17. Усиление эластомеров/ Под ред. Крауса Дж. М. : Химия, 1968. 482 с.

18. Мортон М. Механизм армирования эластомеров полимерными наполнителями // Многокомпонентные полимерные системы / Под ред. Голда Р. Ф. – М. : Химия, 1974. С.97-104.

19. Кристенсен Р. Введение в механику композитов. М. : Мир, 1982. 334с.

20. Справочник по композиционным материалам: в 2-х кн. Кн.2/ Под ред. Дж. Любина; Пер. с англ. Геллера А. Б. и др.; Под ред. Геллера Б.Э. М. : Машиностроение, 1988. 584 с.

© 2022 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Федоров Максим Васильевич, магистрант, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Институт авиационного машиностроения и транспорта, кафедра Материаловедения, сварочных и аддитивных технологий, (664074, Россия г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83), e-mail: mvfedoroff@mail.ru

Зайдес Семен Азикович, доктор тех. наук, профессор, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Институт авиационного машиностроения и транспорта, кафедра Материаловедения, сварочных и аддитивных технологий, (664074, Россия г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83), e-mail: zsa@istu.edu

Гречнева Мария Васильевна, кандидат тех. наук, доцент, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Институт авиационного машиностроения и транспорта, кафедра Материаловедения, сварочных и аддитивных технологий, (664074, Россия г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83), e-mail: mgrech@irk.ru

Заявленный вклад авторов:

Федоров Максим Васильевич – сбор и анализ данных, выводы, написание текста.

Зайдес Семен Азикович – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент.

Гречнева Мария Васильевна – концептуализация исследования, обзор соответствующей литературы.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

TECHNOLOGY OF RESTORATION OF THE SUPPORTING SURFACE OF THE SIDE FRAME OF A FREIGHT CAR WITHOUT THERMAL IMPACT

Semyon A. Zaydes, Maxim V. Fedorov, Maria V. Grechneva

Irkutsk National Research Technical University

*for correspondence: ar_gac@mail.ru



Article info

Submitted:

01 November 2022

Approved after reviewing:

01 December 2022

Accepted for publication:

08 December 2022

Keywords: freight car, side frame, support surface, wear, metal-filled polymer, friction machine, friction coefficient

Abstract.

Relevance of the work: The article presents the results of work on extending the service life of the side frames of a freight car, withdrawn from the working capital due to the extreme wear of the support surface of the axle opening.

The purpose of the work: To develop a technology for restoring the support surface of the side frame of a freight car, with the remaining height of the tide less than 0.5 mm and the presence of local groove-like recesses into the frame body with a depth of more than 2 mm, without temperature exposure, excluding temperature stresses and deformations in the inner opening R55. To select a material that meets all the necessary technological and operational properties, eliminating further wear of the base metal and the formation of fatigue cracks.

Research methods: To determine the tribological properties, as well as the feasibility of using a metal-filled polymer as a repair material, laboratory studies were carried out on a friction machine. The analysis of the effectiveness of the use of metal-filled polymer was made on the basis of controlled operational tests on the ring routes of the East Siberian Railway.

Results: The use of a metal-filled polymer makes it possible to extend the service life of side frames withdrawn from the revolving fund. When restoring a worn support surface, the applied metal-filled polymer forms a smooth surface for setting the axle box without distortions, and during operation combines strength and plastic properties, which ensures the safety of the trolley along the rail track.

For citation: Zaydes S.A., Fedorov M.V., Grechneva M.V. Technology of restoration of the supporting surface of the side frame of a freight car without thermal impact. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2022; 6(154):14-23. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.26730/1999-4125-2022-6-14-23

REFERENCES

1. Senko V.I. [et al.] Analysis of the causes of damage and the possibility of extending the service life of the side frames of trucks of freight cars. *Bulletin of the Sukhoi State Technical Technical University: scientific and Practical journal*. 2010; 4:13-18.
2. Lagerev I.A. Evaluation of the resource of cast parts of railway rolling stock. *Collection of materials of the international scientific student conference on natural science and technical disciplines "Scientific progress – creativity of the young"*. Yoshkar-Ola: MarGTU; 2009. Part 3. Pp. 150-152
3. Musaev Zh.S., Suleeva N.Z., Dzhakupov N.R. On the issue of fatigue testing of cast parts of cargo trucks. *Bulletin of the Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpaev*. 2019; 2(109):49-57.
4. Steel castings. Association of American Railroads Mechanical Division. Manual of Standards and Recommended Practices: Specifications M-201-84. 1984. 9 p.
5. Melnikov A.P., Kukui D.M., Cherapovich A.V. Production of thin-walled steel castings for freight rail cars using modern casting technologies. *Casting and metallurgy*. 2008;(4):71-77.
6. Cast parts. The frame is lateral and the beam is sprung. Technical requirements. UVZ-50-41 -2002 DT. N. Tagil. 2002. 6 p.
7. Parts cast from low-alloy steel for railway wagons of 1520 mm gauge. The frame is lateral and the beam is sprung. Technical requirements. TT CV 32-695-2006. M., 2006. 31 p.
8. Dovgal E.A. Analysis of design and operational features of freight car bogies *In the collection: TRANSPORT: SCIENCE, EDUCATION, PRODUCTION. Collection of scientific papers*. 2019. pp. 274-278
9. Gorlenko A.M., Medvedev F.V., Kolmogortsev I.V. Methodology of geometric modeling, analysis of stress-strain

state and automated control of body parts of rolling stock. *CAD and graphics*. 2009; 7(153):91-94.

10. Zinoviev D.V. Fundamentals of design in Autodesk Inventor 2016. 2nd edition/ ed. Azanova M. M.: DMK Press; 2017. 256 p.

11. Monastyrsky A.V., Bubnov V.M., Kotenko S.P., Balakin V.V. Fracture of the side frame of a freight car trolley. Analysis of production technology, ways to eliminate defects. *CADMASTER*. 2012; (5):60-65.

12. Martynenko S.V., Ogorodnikova O.M., Gruzman V.M. The use of computer methods to improve the quality of large-sized thin-walled steel castings. *Foundry production*. 2009; 11:21-26.

13. Gorelov V.N. Calculation of the stress-strain state of the side frame of the trolley of a freight car. *Transport, mining and construction engineering: science and production*. 2019; 2:20-25.

14. Ogorodnikova O.M., Martynenko S.V., Gruzman V.M. Prediction of crystallization cracks in steel castings. *Foundry production*. 2008; 10:29-34.

15. Zaripov R.Yu. Comparative analysis of cantilever parts of side frames of trucks of freight cars with different casting technology *In the collection: Global Science and Innovations 2018. Materials of the International Scientific Conference. Eurasian Center for Innovative Development DARA*. 2018. Pp. 78-83.

16. Fillers for polymer composite materials (reference manual). Edited by Katz G. S., Milevsky D.V. M.: Chemistry; 1981. 736 p.

17. Reinforcement of elastomers. Edited by Kraus J. M.: Chemistry; 1968. 482 p.

18. Morton M. Mechanism of elastomer reinforcement with polymer fillers. *Multicomponent polymer systems* / Edited by Gold R.F. M.: Chemistry; 1974. Pp.97-104.

19. Christensen R. Introduction to the mechanics of composites. M.: Mir; 1982. 334s.

20. Handbook of Composite Materials: in 2 books. Book 2/ Edited by Lubin J.; Translated from English by Geller A.B. and others; Edited by Geller B.E. M.: Mechanical Engineering; 1988. 584 p.

© 2022 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Maxim V. Fedorov, undergraduate, Irkutsk National Research Technical University, Institute of Aircraft Engineering and Transport, Department of Materials Science, Welding and Additive Technologies, (664074, Russia, Irkutsk, Lermontov st., 83), Professor, e-mail: mvfedoroff@mail.ru

Semyon A. Zaydes, Dr. Sc. in Engineering, Irkutsk National Research Technical University, Institute of Aircraft Engineering and Transport, Department of Materials Science, Welding and Additive Technologies, (664074, Russia, Irkutsk, Lermontov st., 83), Professor, e-mail: zsa@istu.edu

Maria V., Grechneva, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, Irkutsk National Research Technical University, Institute of Aircraft Engineering and Transport, Department of Materials Science, Welding and Additive Technologies, (664074, Russia, Irkutsk, Lermontov st., 83), Professor, e-mail: mgrech@irk.ru

Contribution of the authors:

Fedorov Maxim Vasilievich – data collection and analysis, conclusions, writing the text.

Semyon Azikovich Zaydes – setting a research problem, scientific management.

Grechneva Maria Vasilievna – conceptualization of the study, review of relevant literature.

All authors have read and approved the final manuscript.

