

УДК 629.4 : 621.791 + 06

*Л. А. Кармазина, В. Н. Кротов***НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ЛЮЛЕЧНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА¹**

Аннотация. Статья посвящена исследованию причин преждевременного выхода из эксплуатации некоторых ответственных деталей электровозов, а также вопросы технологии их изготовления. Даются рекомендации по изменению технологии изготовления и по увеличению срока службы деталей. Особое внимание посвящено разработке технологии восстановления стержней люлечного подвешивания. Так как перед машиностроением поставлена задача повышения прочности деталей машин, повышения долговечности их и надежности, то одним из путей ее решения является задача применения новых материалов. Необходимость повышения эксплуатационных скоростей, необходимость снижения веса конструкции, увеличение сроков эксплуатации, снижение себестоимости – все это требует совершенствования технологии производства, методов расчета и конструирования.

Ключевые слова: электровоз, тележка, люлечное подвешивание, надежность, долговечность.

Для цитирования: Кармазина, Л. А. Надежность и долговечность деталей люлечного подвешивания подвижного состава / Л. А. Кармазина, В. Н. Кротов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 102 – 106.

Противоречащим требованием увеличения мощности и уменьшения размеров (веса) можно удовлетворить, либо создавая новые, более прочные и жесткие материалы, либо эффективнее используя прочность и жесткость имеющихся материалов. Первая из этих возможностей относится к области технологии, вторая является основной задачей конструирования механизмов и машин.

Электроподвижной состав, эксплуатирующийся в сложных условиях, т.е. в условиях работы при пониженных температурах, требует резкого повышения стойкости против хрупкого разрушения деталей узлов и агрегатов электровоза, так как резко возрастает опасность хрупкого их разрушения. При создании конструкции деталей и узлов электровоза и проводя их прочностные испытания, есть острая нужда в металлографических исследованиях для решения пригодности того или иного материала для данной конструкции. Предлагаемое исследование является началом больших металлографических испытаний деталей люлечного подвешивания (рис. 1). Вертикальная нагрузка через тарелку, стержень, пружину, регулировочные прокладки, фланец стакана и верхний шарнир, передается посредством кронштейна на раму тележки.

Шарниры люлечной подвески обеспечивают колебательное движение стержня, вызванное горизонтальными поперечными перемещениями кузова и поворотом тележки относительно кузова [1-8].

Поверхности трения стержня и стакана облицованы износостойкими втулками, изготовленными из высокомарганцовистой стали марки 110Г13Л по ГОСТ 977-88. Люлечная подвеска имеет страховочный трос, который предотвращает падение деталей нижнего шарнира при обрыве стержня.

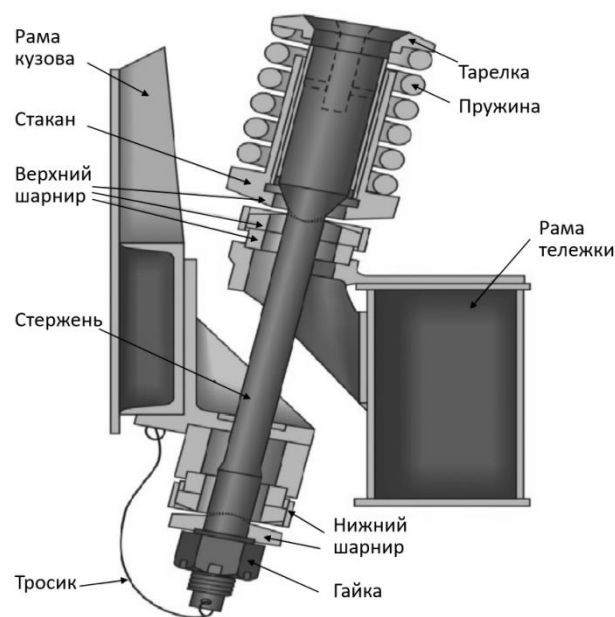


Рис. 1. Схема люлечного подвешивания электровоза

На первом этапе проводилось исследование причин разрушения пружин, которые достаточно часто выходят из строя в процессе эксплуатации. Согласно технологической инструкции ПКБ ЦТ.25.0130 «Техническое обслуживание и ремонт люлечного подвешивания электровозов», пружины люлечного подвешивания, изготовленные из стали 60С2ХФА, должны выдерживать статическую нагрузку на пружину не менее 68,7 кН (7000кгс) при жёсткости 893 Н/мм (91кгс/мм).

Исследованию подвергался представленный после эксплуатации и выхода из строя фрагмент излома пружины. На рис. 2 и 3 показан его общий вид. По внешнему виду излома, как визуально, так и при небольшом увеличении с помощью лупы, явно просматривается хрупкий излом по всей площади разрушения. Это даёт право считать, что разрушение происходило либо мгновенно, либо за счёт роста трещины в течение сравнительного короткого промежутка времени.



Рис. 2. Общий вид фрагмента излома пружины



Рис. 3. Вид с внешней стороны излома

Хрупкое разрушение обуславливается многими факторами: химическим составом, величиной зерна, термической обработкой, наклепом, выделением карбидов по границам зерен, выделением интерметаллидных соединений, температурой, масштабным фактором и целым рядом других причин.

В настоящем исследовании рассматривается влияние качества поверхности на возможность образования хрупкого разрушения.

Для исследования структуры металла в зоне эпицентра разрушения из фрагмента пружины вырезан образец для микрошлифа, место выреза показано на рис. 2 стрелкой.

После травления реактивом Ржешотарского (4%-й раствор HNO_3 в спирте) выявлено, что структура мелкозернистая, троостито-сорбитная с небольшими включениями остаточного аустенита, переходящего вглубь пружины в сорбитную структуру.

По методу Роквелла проведено испытание на твердость строчкой через 1,5 мм. Поверхностная твердость составляет 43HRC. К центру твердость неравномерно падает до 25HRC. Твердость определялась радиально по трем строчкам. Результаты испытания темплета пружины на твердость показали резкие перепады в значениях твердости, что возможно свидетельствуют о нарушении режима термической обработки пружины.

Для выявления поверхностной трещины с верхней части фрагмента пружины вырезан второй образец по линии А-А (см. рис. 2). По окончании вырезки образец раскололся на две части. Этот факт свидетельствует о том, что продольная (с внешней стороны пружины) микротрещина существовала. Обнажившийся излом также хрупкий (рис. 4). Общеизвестно, что концентраторами напряжений могут явиться любые поверхностные дефекты.



×5

Рис. 4. Излом расколовшейся части фрагмента пружины

На рис. 5 показана поверхность прутка пружины со следами дробеструйной обработки и заметные коррозионные повреждения.

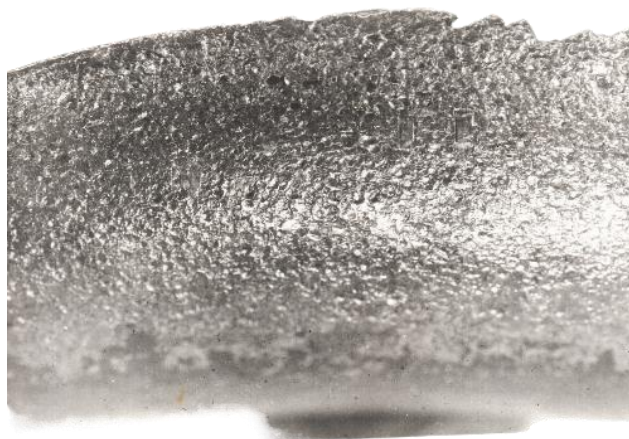


Рис. 5. Внешний вид поверхности пружины

На основании металлографического исследования можно сформулировать выводы и рекомендации.

Наличие поверхностных микротрещин, полученных как при прокатке прутка, так и при термической обработке пружины, послужило образованию концентраторов напряжений. Вследствие чего под действием знакопеременных нагрузок, не превышающих предел текучести и произошёл хрупкий излом.

Для контроля качества исходного материала для изготовления пружин и увеличения срока службы последних необходимо в технологию изготовления пружин включить входной контроль прутков на выявление поверхностных дефектов, а пружинам после полной термической обработки производить, хотя бы выборочные стендовые испытания при максимальной знакопеременной нагрузке, что даёт возможность выявить закалочные дефекты. Строго контролировать режим термической обработки. Закалку пружин рекомендуется проводить с отдельного режима.

Библиографический список

1. **Губарев, П. В.** Моделирование боковых колебаний жёсткой двухосной тележки подвижного состава на прямом участке пути / П. В. Губарев, И. В. Больших, А. С. Шапшал // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 5. – С. 514-518. – DOI 10.24412/2071-6168-2024-5-514-515. – EDN LDIUYZ.
2. **Губарев, П. В.** Метод расчёта надёжности локомотивов после текущих ремонтов / П. В. Губарев, И. В. Больших, А. С. Шапшал // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2023. – № 10. – С. 446-450. – DOI 10.36652/0202-3350-2023-24-10-446-450. – EDN FUBFGG.
3. **Губарев, П. В.** Исследование боковых колебаний жёсткой 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.
4. **Губарев, П. В.** Расчет надёжности локомотивов в эксплуатации / П. В. Губарев, А. С. Шапшал, И. В. Больших // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 5. – С. 290-293. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-5-290-291. – EDN MOYHAV.
5. Исследование колебаний системы с переменной жёсткостью / И. А. Яицков, Б. А. Шемшура, А. С. Личковаха, С. А. Кузнецов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 8. – С. 215-222. – DOI 10.24412/2071-6168-2021-8-215-222. – EDN YXHGV D.
6. **Маклаков, С. Ф.** Использование свойств материалов для обеспечения безопасной эксплуатации транспортных средств / С. Ф. Маклаков, В. А. Мишин, И. А. Яицков

// Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 1. – С. 501-508. – DOI 10.24412/2071-6168-2024-1-501-502. – EDN MUXEES.

7. **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.

8. **Кармазина, Л. А.** Оценка технологичности сварных деталей электровозов / Л. А. Кармазина, В. Н. Кротов, И. В. Плискин [и др.] // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1(66). – С. 21-25. – EDN GSKWVF.

L. A. Karmazina, V. N. Krotov

RELIABILITY AND DURABILITY OF ROLLING STOCK CRADLE SUSPENSION PARTS

Abstract. The article is devoted to the study of the causes of premature decommissioning of some critical parts of electric locomotives, as well as issues of their manufacturing technology. Recommendations are given on changing the manufacturing technology and increasing the service life of parts. Special attention is devoted to the development of technology for the restoration of cradle suspension rods. Since mechanical engineering is tasked with increasing the strength of machine parts, increasing their durability and reliability, one of the ways to solve it is the task of using new materials. The need to increase operational speeds, the need to reduce the weight of the structure, increase service life, reduce cost – all this requires improving production technology, calculation and design methods.

Keywords: electric locomotive, trolley, cradle suspension, reliability, durability.

For citation: Karmazina, L. A. Reliability and Durability of Rolling Stock Cradle Suspension Parts / L. A. Karmazina, V. N. Krotov // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2025. – № 1. – P. 102 – 106.

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

Information about the authors

Karmazina Lyudmila Aleekseevna
Rostov State Transport University (RSTU)
Char «Technology of Metals»
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor,
E-mail: tehn_met@rgups.ru

Krotov Vladimir Nikolaevich
Rostov State Transport University (RSTU)
Char «Technology of Metals»
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor,
E-mail: tehn_met@rgups.ru