

Транспортные системы

Transport systems

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 620.178.162

doi: 10.30987/2782-5957-2022-10-36-41

ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШЕЙКИ ОСИ АКТИВНОГО КОЛЕСА ЛОКОМОТИВА

Михаил Геннадьевич Шалыгин^{1✉}, Анна Павловна Ващишина²

^{1,2} Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

¹ migshalygin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8102-9918>

² vashhi.any@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1930-3912>

Аннотация

Целью статьи является исследование новых методов восстановления шейки оси активного колеса локомотива. Для достижения цели была поставлена и решена задача технологического уменьшения концентрации водорода в оси при ее изготовлении и ремонте. В рамках поставленной задачи были проведены следующие методы исследования – вакуумное термическое воздействие, определение износа, диффузное силицирование, определение концентрации водорода. Научная новизна работы заключается в том, что предложена

технология, заключающаяся в восстановлении оси колесной пары локомотива, способствующая повышению долговечности оси, заключающаяся в предварительном диффузионном силицировании. Выводы: предложенная технология восстановления и ремонта не изменяет критически статические свойства оси, при этом увеличивается износостойкость шейки вала и снижается выделение диффузионно-активного водорода.

Ключевые слова: технология, шейка, ось, локомотив, износостойкость, изнашивание.

Ссылка для цитирования:

Шалыгин М.Г. Технология восстановления шейки оси активного колеса локомотива / М.Г. Шалыгин, А.П. Ващишина // Транспортное машиностроение. – 2022. - № 10. – С. 36 – 41. doi: 10.30987/2782-5957-2022-10-36-41.

Original article

Open Access Article

RESTORATION TECHNOLOGY OF AXIS NECK OF LOCOMOTIVE DRIVING WHEEL

Mikhail Gennadievich Shalygin^{1✉}, Anna Pavlovna Vashchishina²

^{1,2} Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia

¹ migshalygin@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8102-9918>

² vashhi.any@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1930-3912>

Abstract

The study objective is to examine new methods of restoring the axis neck of the locomotive driving wheel. To achieve the goal, the task was set and solved to reduce hydrogen concentration in the axis during its manufacture and repair by means of appropriate technology. To fulfill this task, the following research methods are carried out, that is vacuum thermal exposure, wear determination, diffuse siliconization, definition of hydrogen concentration. The scientific novelty of the work is in the fact that the proposed technology

consists in restoring the axis of a locomotive wheelset, contributing to an increase in the axis durability by means of preliminary diffusion siliconization. Conclusions: the proposed technology of restoration and repair does not change the critical static properties of the axis, while increasing the wear resistance of the shaft neck and reducing the release of diffusion-active hydrogen.

Keywords: technology, neck, axis, locomotive, wear resistance, wear.

Reference for citing:

Shalygin MG, Vashchishina AP. Restoration technology of axis neck of locomotive driving wheel. Transport Engineering. 2022; 10:36 – 41. doi: 10.30987/2782-5957-2022-10-36-41.

Введение

Проблемы водородного износа и водородного охрупчивания остаются одними из препятствий на пути увеличения долговечности деталей машин. Особенно остро эти проблемы встали в свете последних тенденций перехода на «зеленую» водородную энергетику, где потребуются разработка способов и средств хранения, транспортировки и доставки потребителю сжиженного водорода. Однако, обозначенные выше проблемы не являются узкоспециализированными в водородной энергетике. Так, водородное охрупчивание и изнашивание создает немало проблем тяго-

Постановка задачи

В процессе работы оси водород скапливается в местах неметаллических включений – это уменьшает усталостную прочность и пластичность материала оси.

Интенсивному водородному изнашиванию и водородному охрупчиванию подвергается шейка оси. Шейка оси предназначена под посадку моторно-осевого подшипника тягового электродвигателя. Моторно-осевой подшипник с колесной парой трения скольжения является одним из проблемных узлов подвижного состава, наиболее часто подверженных контролю и ремонту по причине износа, близкого к критическому. Остро стоит проблема повышения его надежности, износостойкости и долговечности. Наличие зоны трения, а, следовательно, градиентов температур и образования активных центров приводят к интенсивному водородному изнашиванию шейки оси [4, 5].

Для уменьшения количества биографического водорода в оси могут применяться способы из различных областей знаний: технологии металлов, машиностроения, обеспечения износостойкости, усталостной прочности и др. Одним из таких способов может быть удаление биографического водорода из металла вакуумным термическим воздействием (обез-

вому подвижному составу железных дорог [1].

В работах [2, 3] проведен анализ современных подходов к изучению прочности и долговечности несущих конструкций вагонов. Колесные пары локомотивов состоят из оси, колесных пар и бандажей. При отливке осей колесных пар большое влияние на их качество оказывает водород, который определяют испытаниями на разрыв и судят по наличию белых пятен на изломе. В осях колесных пар водород является биографическим, попадающим в структуру металла в процессе выплавки.

водороживание), предложенный в работе [6, 7].

Однако, тяговый подвижной состав эксплуатируется в различных климатических зонах и в течение суток может работать в условиях с изменением температуры окружающей среды более 10 °С. В результате в зоне трения шейки оси оказывается водород, попадающий туда с окружающим составом воздухом. Такой водород, эксплуатационный, попадая в зону трения во многом нивелирует уменьшение биографического водорода в оси в процессе ее изготовления [8]. Исправить такую ситуацию возможно предложив технологию ремонта и восстановления оси колесной пары, позволяющую уменьшить водородное изнашивание и водородное охрупчивание.

Одна из существующих технологий восстановления оси колесной пары включает в себя накатку шейки и подступичной части. Накатывание проводят с использованием специальных накатных роликов, имеющие индикаторы усилий давления. Важным, при этом, является контроль формы и размеров утвержденным стандартам. В результате восстановительных работ шейка должна иметь цилиндрическую форму, которая будет концентричной поверхности катания колеса. Следовательно, технология, обеспечивающая «барьер» к

проникновению эксплуатационного водорода, должна соответствовать жестким требованиям утвержденных стандартов. Так, для осей всех колесных пар первого и

второго классов точности круглость шейки не должна превышать 0,015 мм, радиальное биение – 0,03 мм.

Методы и средства, результаты и обсуждение

В процессе исследований по уменьшению негативного влияния водорода были определены статические характеристики. Испытания проводились на образцах из стали ОсВ (ГОСТ 4728-79) при нагрузке 80 Н. Для снижения концентрации биографического водорода в образце применялся метод вакуумного термического

воздействия, предложенный в работе [9], режимы которого описаны в работе [10]. Для определения износостойкости были проведены испытания на износ с определением количества выделившегося водорода, так называемого диффузионно-активного водорода (рис.1).

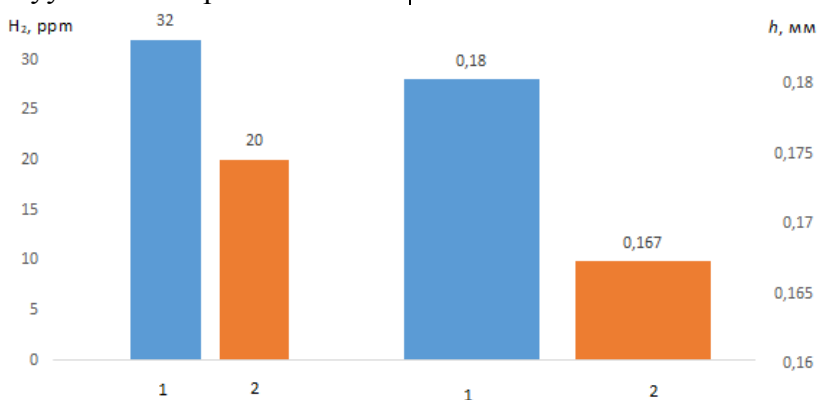


Рис. 1. Исследования образцов на износ и выделение диффузионно-активного водорода при влажности 30 %: 1 – исходный образец; 2 – термическое вакуумное воздействие

Fig. 1. Examination of samples for wear and release of diffusion-active hydrogen at a humidity of 30 %: 1 – original sample; 2 – thermal vacuum effect

В процессе повторения испытаний была увеличена влажность в помещении, где хранились образцы, с 30% до 60% с целью имитации прохождения состава в соответствующих климатических зонах. Образцы пролежали в помещении с повы-

шенной влажностью в течение 8 часов. В результате испытаний установлено, что с увеличением влажности выделение диффузионно-активного водорода из зоны трения уменьшилось (рис. 2).

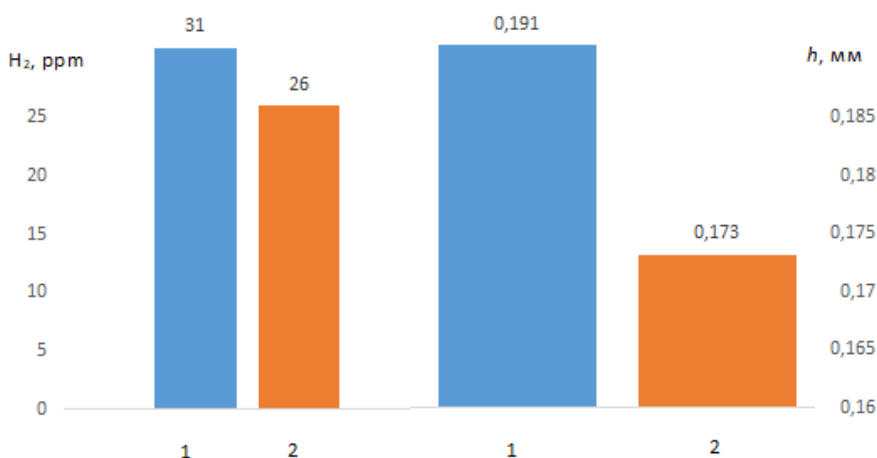


Рис. 2. Исследования образцов на износ и выделение диффузионно-активного водорода при влажности 60%: 1 – исходный образец; 2 – термическое вакуумное воздействие

Fig. 2. Examination of samples for wear and release of diffusion-active hydrogen at a humidity of 60%: 1 – original sample; 2 – thermal vacuum effect

Любопытным является тот факт, что выделение диффузионно-активного водорода из образца, подверженного термическому вакуумному воздействию при увеличении влажности возросло, однако это требует дальнейших исследований.

Для создания «барьера» к проникновению водорода в зону трения из окружающей среды было проведено диффузионное силицирование образцов. Диффузионное силицирование проводилось следующим образом [8]. Камера разогревалась и в ней поддерживалась температура 230⁰С, с целью недопущения фазовых превращений в стали. В камеру помещался образец,

полностью покрытый порошкообразным карбидом кремния. Облучение образца и нахождение его в камере составляло 30 мин., после чего камера открывалась и образец остывал на воздухе. Диффузионное силицирование, кроме очевидных положительных свойств при диффузии водорода было выбрано по причине малого влияния на геометрию шейки вала.

Износостойкость образца изменилась с 0,56 при использовании диффузионного силицирования до 0,54 при вакуумной термической обработке и до 0,52 у исходного образца. Результаты испытаний приведены на рис. 3.

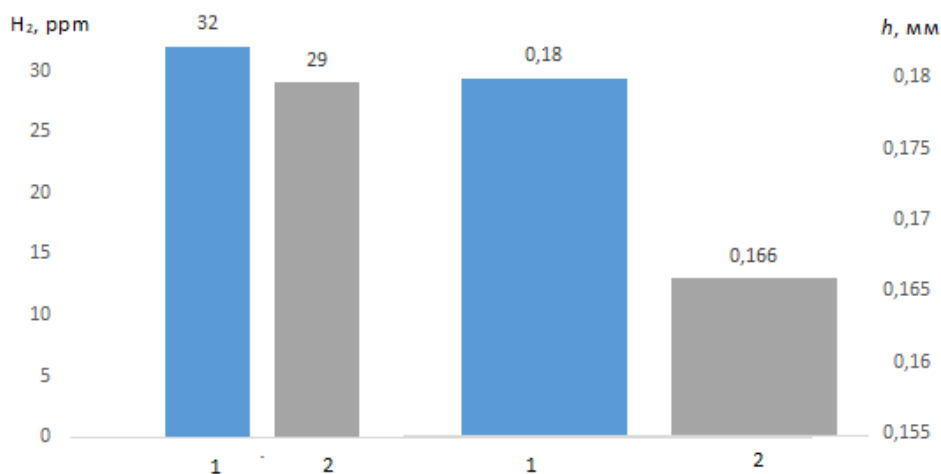


Рис. 2. Исследования образцов на износ и выделение диффузионно-активного водорода при влажности 30%: 1 – исходный образец; 2 – силицирование

Fig. 3. Examination of samples for wear and release of diffusion-active hydrogen at a humidity of 30%: 1 – original sample; 2 – siliconization

Как видно из диаграммы износ и выделение водорода при диффузионном силицировании уменьшаются. Интерес представляет отношение интенсивности изнашивания образцов к интенсивности выделения диффузионно-активного водорода

$$I_{H_2, h} = \frac{I_{H_2}}{I_h} = \frac{H_2}{h}$$

Так, отношение интенсивностей для исходного образца $5,625 \times 10^{-3}$, силицированного образца $5,72 \times 10^{-3}$.

Так как к осям колесных пар применяются строгие требования по прочностным свойствам были проведены испытания на сжатие. Предел текучести исходного образца составил $\sigma_{сж} = 760...790$ МПа, образца после термического воздействия $\sigma_{сж} = 770...800$ МПа, при диффузионном силицировании – $\sigma_{сж} = 730...760$ МПа. Из этого следует, что предложенные допол-

нения к технологиям изготовления оси и ремонта шейки оси колесной пары не приводят к критическому изменению прочностных свойств.

После фрикционных испытаний при охлаждении образца наблюдается диффузионный процесс в сторону выравнивания концентрации водорода в поверхностном слое. Очевидно, что выравнивание концентрации водорода в поверхностном слое происходит за счет биографического водорода.

Таким образом, в процессе ремонта и восстановления шейки оси колесной пары до осуществления накатывания следует провести диффузионное силицирование.

Выводы

Проведенные исследования позволили получить следующие результаты:

1. Водородное охрупчивание биографическим водородом оси активного колеса локомотива можно уменьшить вакуумным термическим воздействием на этапе ее изготовления.

2. Технологический процесс восстановления шейки оси следует осуществлять с применением диффузионного силицирования, с последующей накаткой.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Копачев С.В. Влияние различных факторов на трудоемкость технологической подготовки ремонта подвижного состава в условиях действующей системы ремонта. *Вестник транспорта Поволжья*. 2012. № 1(31). С. 69-77.
2. Antipin D.Y., Racin D.Y., Shorokhov S.G. Justification of a rational design of the pivot center of the open-top wagon frame by means of computer simulation. *Procedia Engineering*. 2016. pp. 150-154.
3. *Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава*: материалы III Всероссийской научно-технической конференции с международным участием в 3-х частях, Омск, 10–11 декабря 2015 года / И.И. Галиев (отв. редактор). – Омск: Омский государственный университет путей сообщения, 2015. 377 с. ISBN 978-5-94941-126-1. – EDN UZRQHJ.
4. Антипин Д.Я., Ашуркова С.Н., Чепикова Е.В. Обоснование динамических моделей для анализа нагруженности несущих конструкций кузовов пассажирских вагонов. *Будущее машиностроения России*: сборник IX Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов. 2016. С. 695-697.
5. Кобищанов В.В., Антипин Д.Я., Шорохов С.Г. Оценка динамической нагруженности отечественных пассажирских вагонов при аварийных соударениях поездов с препятствиями. *Техноло-*

Однако, до практического применения предложенной технологии восстановления следует провести натурные испытания.

3. В процессе технологического восстановления контурной круглости осуществляется как после диффузионного силицирования, так и после накатки. После диффузионного силицирования круглость шейки не должна превышать 0,015 мм, радиальное биение – 0,03 мм.

Однако, до практического применения предложенной технологии восстановления необходимо провести натурные испытания.

- гическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава*: сборник материалов третьей всероссийской научно-технической конференции с международным участием в трех частях. 2015. С. 50-56.
6. Поляков А.А. Защита от водородного износа в узлах трения. М.: Машиностроение, 1980. 196 с.
7. Суслов А.Г., Шалыгин М.Г. Комплексное технологическое повышение износостойкости и статической прочности деталей из стали 40X13. *Научно-технические технологии в машиностроении*. 2018. № 1. С. 19-21. DOI: https://doi.org/10.12737/article_5a5a44e88cdc22.07121039.
8. Shalygin M.G., Vashchishina A.P. Anti-frictional Lubricant Additives for Locomotive Wheel Flange. *AIP Conf. Proc.* 2340, 060003 (2021). <https://doi.org/10.1063/5.0047297>.
9. Федонин О.Н., Шалыгин М.Г. Повышение коррозионной стойкости и износостойкости изделий транспортного и химического машиностроения. *Научно-технические технологии в машиностроении*. 2020. № 8. С. 3-10.
10. Шалыгин М.Г., Макаров Г.Н. Результаты исследования свойств структуры в поверхностном слое стали 45, полученной комплексным методом. *Справочник. Инженерный журнал с приложением*. 2018. № 3. С. 3-7.

REFERENCES

1. Kopachev SV. Influence of various factors on the complexity of technological preparation of rolling stock repair in the conditions of the current repair system. *Vestnik Transporta Povolzhya*. 2012;1(31):69-77.
2. Antipin DYa, Racin DY, Shorokhov SG. Justification of a rational design of the pivot center of the open-top wagon frame by means of computer simulation. *Procedia Engineering*. 2016: pp. 150-154.
3. Galiev II, editor. Proceedings of the 3-d All-Russian Scientific and Technical Conference with

- international participation, 2015 December 10-11: Technological support of repair and improvement of dynamic qualities of railway rolling stock; Omsk: Omsk State University of Railways; 2015.
4. Antipin DYa, Ashurkova SN, Chepikova EV. Substantiation of dynamic models for the analysis of load-bearing structures of passenger car bodies. The future of machine building in Russia: collection of the IX All-Russian Conference of Young Scientists and Specialists; 2016.
 5. Kobishchanov VV, Antipin DYa, Shorokhov SG. Assessment of the dynamic loading of domestic passenger cars in case of accidental collisions of trains with obstacles. Proceedings of the third All-Russian scientific and technical conference with international participation: Technological support of repair and improvement of dynamic qualities of railway rolling stock; 2015.
 6. Polyakov AA. Protection against hydrogen wear in friction units. Moscow: Mashinostroenie; 1980.

7. Suslov AG, Shalygin MG. The study of the properties of steel 40X13 obtained by heat-treatment. Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering. 2018;1:19-21. DOI: https://doi.org/10.12737/article_5a5a44e88cdc22.07121039.
8. Shalygin MG, Vashchishina AP. Anti-frictional Lubricant Additives for Locomotive Wheel Flange [Internet]. AIP Conf. Proc. 2340, 060003 (2021). Available from: <https://doi.org/10.1063/5.0047297>.
9. Fedonin ON, Shalygin MG. Corrosion and wear resistance of transport and chemical engineering 40X13 products. Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering. 2020;8:3-10.
10. Shalygin MG, Makarov GN. The results of the study of the properties of the structure in the surface layer of steel 45 formed complexes technological operations. Handbook. An Engineering Journal. 2018;3:3-7.

Информация об авторах:

Шалыгин Михаил Геннадьевич - доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Трубопроводные транспортные системы» Брянского государственного технического университета, тел.: +7(4832) 588-212, e-mail: migshalygin@yandex.ru.

Shalygin Mikhail Gennadievich - Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Pipeline Transport Systems at Bryansk State Technical University, phone: +7(4832) 588-212, e-mail: migshalygin@yandex.ru.

Ващишина Анна Павловна - ассистент кафедры «Трубопроводные транспортные системы» Брянского государственного технического университета, тел.: +7(4832) 588-212, 8-920-867-49-96, e-mail: vashhi.anya@yandex.ru.

Vashchishina Anna Pavlovna – Assistant of the Department of Pipeline Transport Systems at Bryansk State Technical University, phone: +7(4832) 588-212, 8-920-867-49-96, e-mail: vashhi.anya@yandex.ru.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья опубликована в режиме Open Access.
Article published in Open Access mode.

Статья поступила в редакцию 22.04.2022; одобрена после рецензирования 25.05.2022; принята к публикации 26.09.2022. Рецензент – Волохов Г.М., доктор технических наук, заведующий отделением динамики и прочности подвижного состава и инфраструктуры Акционерного общества «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава», член редсовета журнала «Транспортное машиностроение».

The article was submitted to the editorial office on 22.04.2022; approved after review on 25.05.2022; accepted for publication on 26.09.2022. The reviewer is Volokhov G.M., Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Dynamics and Strength of Rolling Stock and Infrastructure of the Joint Stock Company "Research, Design and Technological Institute of Rolling Stock, member of the Editorial Board of the journal *Transport Engineering*.