

УДК 621.373.8

DOI: 10.25206/2310-4597-2023-1-15-20

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ КОЛЕСНЫХ ПАР НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

THE PROSPECT OF USING LASER TECHNOLOGIES FOR CLEANING WHEELSETS IN RAILWAY TRANSPORT

Р. Е. Афури¹, В. Г. Чуранкин²

¹ООО «Научно-производственный центр промышленных технологий», г. Омск, Россия

²Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

R. E. Afurin¹, V. G. Churankin²

¹Limited liability company «Scientific and Production Center of Industrial Technologies», Omsk, Russia

²Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Аннотация. В статье рассматривается возможность применения лазерных технологий для очистки загрязненных поверхностей колесных пар (КП) железнодорожного транспорта для улучшения их состояния и обеспечения их подготовки к дефектоскопии и обточке с применением лазерного оборудования.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, лазер, лазерное оборудование, лазерная очистка, механическая очистка, дробеструйная очистка деталей, лазерная очистка, совершенствование технологии лазером, колесные пары железнодорожного транспорта.

Abstract. The article discusses a promising method of laser treatment of contaminated surfaces of wheel sets (WS) of railway transport to ensure their preparation for flaw detection and turning using laser equipment.

Keywords: railway transport, laser, laser equipment, laser cleaning, mechanical cleaning, shot blasting of parts, laser cleaning, laser technology improvement, railway wheel pairs.

I. ВВЕДЕНИЕ

Колесные пары железнодорожного подвижного состава считаются один из главных компонентов ходовой части, КП подвергаются значительным нагрузкам и изнашиванию, что может привести к повреждениям и снижению производительности поезда, от технического состояния и исправности которого зависит безопасность движения, надежность вагонов в целом. Для обеспечения безопасности и эффективности движения поездов необходимо регулярно проводить техническое обслуживание колесных пар. Одним из важных этапов является очистка колесных пар от загрязнений и коррозии.

Очистка колесных пар также является важной частью технического обслуживания железнодорожного транспорта, которая помогает улучшить безопасность и надежность работы поездов. Перед любым видом ремонта, колесная пара подвергается очистке от краски, грязи и ржавчины. Очистка обеспечивает подготовку поверхностей колесных пар для выполнения дефектоскопии и обработки их в процессе ремонта. Очистка и осмотр осуществляется после выкатки колесных пар из-под тележки в обмывочном отделении или на специальной площадке.

Загрязнения колесной пары вагонов могут быть различными и зависят от условий эксплуатации. Основными видами загрязнений являются:

1. Грязь и пыль, которые накапливаются на поверхности колесной пары в процессе движения по дороге.
2. Ржавчина, которая образуется на металлической поверхности колесной пары в результате воздействия влаги и кислорода.

3. Масла и жировые отложения, которые могут появляться на поверхности колесной пары в результате работы механизмов и систем смазки.

4. Остатки тормозных накладок и абразивных материалов, которые могут оставаться на поверхности колесной пары после торможения.

5. Загрязнения от железнодорожных путей, такие как камни, песок, гравий и т. д.

6. Химические загрязнения, которые могут попадать на поверхность колесной пары из окружающей среды.

Все эти загрязнения могут приводить к ускоренному износу колесной пары и повышенному расходу топлива. Поэтому очистка и защита поверхности колесной пары являются важными задачами для обеспечения безопасности и эффективности работы железнодорожного транспорта.

II. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ И СРАВНЕНИЯ ЕЕ С ДРУГИМИ МЕТОДАМИ

На долю очистных работ приходится не менее 5-8 % общей трудоемкости ремонта в депо. Очистка поверхности КП от загрязнений и ржавчин выполняется до момента, когда производится визуальный контроль и дефектоскопия для контроля поверхности.

После очистки колесных пар проводится дополнительная проверка на наличие повреждений и износа. Если обнаруживаются какие-либо дефекты, то они устраняются или заменяются новыми деталями.

Существует несколько методов очистки КП:

- Механический;
- Физико-химический;
- Криогенный бластинг.

Механический способ применяется при визуальном освидетельствовании КП, при других способах не гарантировано попадание моющей жидкости внутрь роликовой буксы, даже при постановке защитного кожуха на лабиринтное уплотнение. При полном освидетельствовании механическим способом применяется, как дополнительный к другим способам, для удаления не отслаивающихся загрязнений. При механической очистке есть некоторые затруднения по выявлению дефектов, трещин на ответственных деталях или узлах, а также есть вероятность повреждения очищаемой поверхности.

Физико-химический способ – основан на использовании активных моющих растворов и широко применяется в струйных и мониторных моечных машинах в сочетании с методом гидродинамической очистки. Для обмывки колесных пар применяются моечные машины нескольких типов, в которых используется моющие растворы с последующим ополаскиванием или горячая, либо холодная вода под высоким давлением струи (для мойки колесных пар с буксами), без моющих растворов. При данном методе используются токсичные растворы, что требует создания условия для защиты обслуживающего персонала, и необходима очистка растворов от грязи, строгое соблюдение техники безопасности.

Криогенный бластинг – это метод очистки поверхностей, использующий сжиженный газ (обычно азот или углекислый газ) для создания высокого давления и температуры, которые затем направляются на поверхность, чтобы удалить загрязнения, ржавчину и другие дефекты. Этот метод может быть использован для очистки колесных пар поездов, что позволяет быстро и эффективно удалять накопившийся на них грязь и ржавчину. Криогенный бластинг также может быть использован для удаления краски и других покрытий с поверхностей колесных пар.

Однако, как и любой другой метод технического обслуживания, криогенный бластинг имеет свои ограничения и может не подходить для всех типов повреждений или материалов. Поэтому, перед использованием этого метода необходимо провести тщательную оценку состояния колесных пар и выбрать оптимальный подход к их очистке и обслуживанию.

Лазерные технологии могут быть применены при очистке колесных пар железнодорожного транспорта с целью улучшения их состояния и продления срока службы, а также чистовая обработка поверхности улучшает показания при контроле визуальном и методом проверки дефектоскопии. Очистка колесных пар является важным процессом, так как на них накапливаются грязь, пыль, масла, жировые отложения и другие загрязнения, которые могут привести к снижению сцепления колес с рельсами, увеличению износа и повреждений ко-

лесных пар. Защита от коррозии колесных пар производится с помощью специальных красок и методов, которые обеспечивают высокую стойкость покрытия и защиту от коррозии.

Первым этапом процесса является подготовка поверхности. Колесную пару тщательно очищают от грязи, пыли, ржавчины и старого покрытия. Для этого используются специальные щетки, шлифовальные материалы и растворители. Коррозия колесных пар является одной из основных проблем в эксплуатации железнодорожного транспорта. Коррозия может привести к повреждению металла и снижению надежности и безопасности вагонов. Для защиты от коррозии колесной пары применяются различные методы, в том числе и специальные составы, которые наносятся на поверхность после очистки. Эти составы обладают высокой адгезией к металлу и создают защитную пленку, которая предотвращает проникновение влаги и кислорода на поверхность металла. Также для защиты от коррозии колесной пары могут применяться антикоррозионные покрытия, которые наносятся на поверхность металла и обеспечивают долговременную защиту от коррозии. Важно отметить, что защита от коррозии колесной пары является необходимой процедурой при обслуживании вагонов и позволяет увеличить срок их службы и обеспечить безопасность и надежность работы железнодорожного транспорта.

Для более эффективной очистки и защиты колесной пары вагонов предлагается очистка лазерным оборудованием. Этот метод позволяет снять лакокрасочные покрытия с поверхности колесной пары без повреждения металла и без использования химических растворов. Лазерная очистка осуществляется с помощью специального оборудования, которое генерирует лазерный луч высокой энергии. Лазерный луч позволяет удалить загрязнения с поверхности колесной пары, в том числе и ржавчину, масла и жировые отложения, остатки тормозных накладок и другие загрязнения. После очистки поверхность колесной пары обрабатывается специальными составами для защиты от коррозии и увеличения срока службы. Лазерная очистка является более эффективным и экологически чистым методом очистки колесной пары, который позволяет снизить расходы на обслуживание вагонов и повысить их безопасность и надежность.



Рис. 1. Колесные пары железнодорожного транспорта

Колесные пары, рисунок 1, относятся к ходовым частям и являются одним из ответственных элементов вагона. Они предназначены для направления движения вагона по рельсовому пути и восприятия всех нагрузок, передающихся от вагона на рельсы при их вращении. Работая в сложных условиях нагружения, колёсные пары должны обеспечивать высокую надёжность, так как от них во многом зависит безопасность движения поездов.

К колесным парам предъявляют особые, повышенные требования Госстандарта, Правила технической эксплуатации железных дорог, Инструкция по освидетельствованию, ремонту и формированию вагонных колёсных пар, а также другие нормативные документы при проектировании, изготовлении и эксплуатации. Конструкция и техническое состояние колёсных пар оказывают влияние на плавность хода, величину сил, возникающих при взаимодействии вагона и пути, и сопротивление движению.

Колёсные пары за время своей службы подвергаются осмотру под вагоном, осмотр включает в себя проверку наличия трещин, износа и других повреждений. Если обнаруживаются какие-либо повреждения, колесные пары заменяются или ремонтируются.

Для своевременного выявления дефектов и принятия мер безопасности железнодорожного транспорта, применяется несколько видов (методов) неразрушающего контроля, оборудование очистки КП должно обеспечить хорошо очищенную поверхность, для достоверного выявления дефектов КП.

Один из таких методов – магнитопорошковый контроль. Он используется для обнаружения трещин и других дефектов на металлических поверхностях. В процессе контроля на поверхность наносится магнитопорошок, который затем распределяется по поверхности. При наличии трещин или других дефектов, магнитопорошок скапливается в этих местах, что позволяет обнаружить их.

Еще один метод – ультразвуковой контроль. Он используется для обнаружения трещин, включений и других дефектов внутри материала. В процессе контроля на поверхность наносится гель, а затем на нее наводятся ультразвуковые волны. Если в материале есть дефекты, то ультразвуковые волны отражаются от них и регистрируются датчиками. Также используются методы визуального контроля, рентгенографии, электромагнитного контроля и другие.

При механической обработке поверхности КП абразив может заполировать скрытые поверхностные дефекты загрязнения, поэтому перед проведением контроля необходимо провести тщательную очистку поверхности от загрязнений и ржавчины. Также важно выбрать правильный метод контроля в зависимости от типа материала и типа дефектов, которые необходимо обнаружить.

Так же при очистке механическим способом приходится очищать труднодоступные места вручную, особенно для неровных поверхностей, с изгибами и углублениями. Это экономически затратно и трудоемко.

В настоящее время технологии лазерной очистки поверхности металла перспективны и лазер заменяет традиционные методы промышленной очистки, такие как механическая, химическая, обработка дробью и химикатами создающие повреждение поверхности, а также необходимая постоянная замена зачистных дисков и химические вещества для комплексов очисток КП.

III. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛАЗЕРНОЙ ОЧИСТКИ

Лазерная очистка позволяет удалить загрязнения и ржавчину с поверхности металла без повреждения самого материала. Это достигается благодаря использованию лазерного луча, который нагревает загрязнения до высокой температуры, что приводит к их испарению или разрушению, а затем они удаляются с поверхности при помощи специального вакуумного оборудования. Лазерная очистка также позволяет проводить контроль качества поверхности металла после очистки, что важно для обнаружения дефектов и предотвращения аварий на железнодорожном транспорте.

Таким образом, использование лазерной очистки поверхности металла является перспективным и эффективным методом, который позволяет обеспечить безопасность железнодорожного транспорта и улучшить качество проводимых работ.

Принцип действия этого лазерного метода для удаления ржавчины и других технических загрязнений заключается в том, что лазерный луч направляется на поверхность колесной пары и создает высокую температуру, которая позволяет удалить загрязнения без повреждения металла. Этот метод является более эффективным и экономичным, чем традиционные методы очистки, такие как пескоструйная обработка или химическая очистка. Кроме того, он не оставляет за собой отходов и не загрязняет окружающую среду.

Физический принцип можно кратко описать следующим образом, луч лазерного оборудования поглощается загрязненным слоем на обрабатываемой поверхности. В результате поглощения большой энергии образуется быстро расширяющаяся плазма (высокоионизированный нестабильный газ) и возникают ударные волны. Ударная волна превращает загрязняющие вещества во фрагменты и удаляет их. Ширина светового импульса должна быть достаточно короткой, чтобы избежать накопления тепла, разрушающего обрабатываемую поверхность.

При усовершенствовании конструкции с лазерным оборудованием в конструкции будут существенные преимущества. Лазерная обработка позволяет достичь более высокой точности и скорости обработки, а также более глубокого проникновения луча в материал. Кроме того, лазерный процесс более экономичен и экологически безопасен, поскольку не требует использования химических растворов и других опасных веществ. Также возможно управление лазерным процессом с помощью компьютерного программного обеспечения, что позволяет достигать более высокой степени автоматизации и повторяемости процесса.

Высокая эффективность и высокий уровень обработки колесной пары. При очистке лазером пользователь не контролирует качество процедуры, как при абразивной обработке производится доработка абразивном вручную, поэтому возможность допущения ошибки исключается. Простота в эксплуатации.

Минусом внедрения лазерного оборудования в очистке колесной пары можно назвать стоимость оборудования и его обслуживания. Кроме того, лазерная очистка может быть неэффективна при удалении некоторых видов загрязнений, таких как масла или смазки, которые могут требовать дополнительной обработки. Также необходимо учитывать возможные опасности для здоровья работников, связанные с использованием лазерного излучения. В целом, необходимо проводить тщательный анализ затрат и выгод от внедрения лазерной очистки перед ее применением.

Но высокотехнологичные лазерные системы окупаются за год при эксплуатации средней интенсивности. Защита от лазерных излучений послужит конструктив для очистки КП, где работник будет вне зоны действия лазерного излучения.

IV. ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВЫ ЛАЗЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Были проведены исследования перспективы лазерного оборудования, с применением в очистке колесных пар железнодорожного транспорта, сравнение с другими методами очистки колесных пар, экономическая эффективность, экологические аспекты лазерной обработки и методы очистки поверхностей с использованием лазерных технологий, параметры и качество обработки.

Лазерная очистка – это процесс удаления загрязнений, покрытий, ржавчины и других поверхностных слоев с помощью лазерного излучения. Существует несколько методов лазерной очистки, включая абляцию, фотохимическую реакцию и фототермическую реакцию. Воздействие лазерного импульса на загрязненную металлическую поверхность. В большинстве случаев поверхность металла загрязнена неметаллическими веществами, такими как ржавчина, оксидные пленки, масло и остатки СОЖ (смазочно-охлаждающая жидкость). Лазерный импульс, попадая на загрязненную поверхность, проходит сквозь загрязнение без ослабления и поглощается в приповерхностном слое материала.

Параметры лазерной очистки и их влияние на качество обработки и оптимизация процессов обработки и очистки материалов с использованием лазерной технологии. Параметры лазерной очистки, такие как мощность лазера, длина волны, скорость сканирования и дистанция между лазером и поверхностью, могут оказывать значительное влияние на качество обработки. Например, более высокая мощность лазера может ускорить процесс очистки, но может также повредить поверхность материала.

Исследованы экологические аспекты лазерной обработки и ее сравнение с другими методами очистки по степени воздействия на окружающую среду. В результате исследования было установлено, что лазерная технология является эффективным и экологически безопасным методом очистки поверхностей, который может быть применен в различных отраслях промышленности.

Экономическая эффективность в сравнении с другими методами очистки может быть более дорогостоящей, чем некоторые другие методы очистки, однако это может быть компенсировано более высокой эффективностью и точностью. Кроме того, лазерная очистка может сэкономить время и снизить затраты на обслуживание и ремонт оборудования.

Для оптимизации процессов обработки и очистки материалов с использованием лазерной технологии следует учитывать параметры лазера, тип материала и требуемый уровень очистки. Также следует убедиться в правильном обслуживании и настройке оборудования для достижения наилучшего качества обработки.

Проведение исследований перспективы лазерного оборудования может помочь определить потенциальные области применения лазерной технологии, а также разработать новые методы и приложения для лазерной обработки. Также следует учитывать возможные ограничения и проблемы при использовании лазерного оборудования.

V. ВЫВОД И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение лазерного оборудования в технологический цикл очистки колесной пары увеличит скорость очистки, малая трудоемкость процесса, загрязнения просто испаряются, работать только с вытяжными устройствами. В сравнении с химическим способом очистки колесных пар: при химической очистке поверхности ко-

лесной пары, прежде всего химическая очистка не безопасна, в ней задействованы сильные реагенты и кислоты, которые могут повредить сам металл.

Очистка материала лазерным оборудованием идет на заданную глубину, сама поверхность металла не травмируется и не повреждается как при абразивной чистке, хорошая скорость обработки.

Кроме того, лазерная очистка позволяет удалить различные загрязнения, такие как ржавчина, краска, масла, сажа и другие, что делает ее универсальным методом очистки. Еще одним преимуществом является отсутствие необходимости в химических растворах или других вредных веществах, что делает процесс более экологически чистым.

Однако стоит учитывать, что лазерная очистка может быть дороже по сравнению с другими методами очистки. Кроме того, для достижения наилучших результатов необходимо правильно выбрать параметры лазерного оборудования и настроить его на определенный материал.

Таким образом, использование лазерного оборудования для очистки колесной пары имеет множество преимуществ, но требует соблюдения мер безопасности и правильной настройки оборудования.

Недостатки лазерного оборудования и применение на очистке КП – это высокая стоимость оборудования. Лазерная оптика со временем может загрязниться или повредиться. Лазерному оборудованию так же необходима охлаждающая жидкость. Лазерное оборудование в долгосрочной перспективе рентабельно, не требует частой замены абразивных материалов и химических веществ, менее трудоемко.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенова М. М., Карпов А. В. Методы очистки колесной пары подвижного состава // Молодой ученый. 2017. № 10 (144).
2. Кучеренко В. К., Подоляк С. И. Энергетическое оборудование вагоноремонтных предприятий: методические указания к самостоятельной (контрольной) работе / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2011. 18 с.
3. Вейко В. П., Мутин Т. Ю., Смирнов В. Н., Шахно Е. А. Лазерная очистка поверхностей металлов: Физические процессы и применение // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2008. Т. 51, № 4. С. 30–36.
4. Блог Станкофф.RU. Лазерная очистка металла: принцип, характеристики и применение. URL: <https://www.stankoff.ru/blog/post/524?ysclid=la50l0ds23506745009>.
5. Вейко В. П., Кишалов А. А., Мутин Т. Ю., Смирнов В. Н. Перспективы промышленных применений лазерной очистки материалов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 3 (79). С. 50–54.
6. Xing Li and Yingchun Guan. Real-Time Monitoring of Laser Cleaning for Hot-Rolled Stainless Steel by Laser-Induced Breakdown Spectroscopy // Metals. 2021. Vol. 11.