

# ТЕХНОЛОГИЯ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ И ТЕРМООБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

**И. Д. КОЗУБЕНКО**, канд. техн. наук (ВСЖД, г. Иркутск, РФ)

**В. Ю. ХАСКИН**, канд. техн. наук, **В. Д. ЧЕРНИЕНКО**, инж. (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Показана актуальность решения задач упрочнения поверхностей качения колес. Рассмотрены недостатки традиционных ремонтных технологий восстановления шеек осей колесных пар железнодорожных вагонов. Предложено использование лазерной наплавки и термообработки. Описан пример опытно-промышленного внедрения рекомендуемых лазерных технологий в вагонное депо Иркутск-сортировочный (ВСЖД, Россия).

*Ключевые слова:* лазерная наплавка, термообработка, восстановление, упрочнение, лазерный комплекс, железнодорожный транспорт, детали подвижного состава, обработка технологии

В процессе эксплуатации железнодорожного транспорта детали подвижного состава изменяются вследствие изнашивания или появления различного рода неисправностей. В результате возникает необходимость в применении технологий диагностики и ремонта. Поэтому задача восстановления и ремонта ходовой части железнодорожных вагонов является актуальной [1].

Одним из узлов ходовой части вагона, работающим в наиболее сложных условиях, является колесная пара. Ее ось постоянно находится под воздействием больших статических и динамических нагрузок. Кроме того, она испытывает дополнительные напряжения сжатия в местах прессовых соединений с колесами и воспринимает удары от рельсов при наличии дефектов на поверхности качения колес и на стыках. На работоспособность оси влияют различные технологические нарушения при ее изготовлении и обработке. Сочетание ряда этих факторов способствует возникновению в оси местных напряжений, которые вместе с усталостными явлениями приводят к образованию трещин. Глубина дефектного слоя на шейках осей составляет обычно примерно 0,1...0,3 мм на диаметр.

При восстановлении шеек осей необходимо предварительно шлифовать (проточить) в размер, меньший номинального на 0,4...0,5 мм на диаметр, затем наплавить с учетом припуска под завершающую механическую обработку и окончательно шлифовать в номинальный размер. Такие дефекты наплавленного слоя, как трещины, раковины и поры, недопустимы. Твердость наплавленного слоя должна составлять *HRC* 30...35.

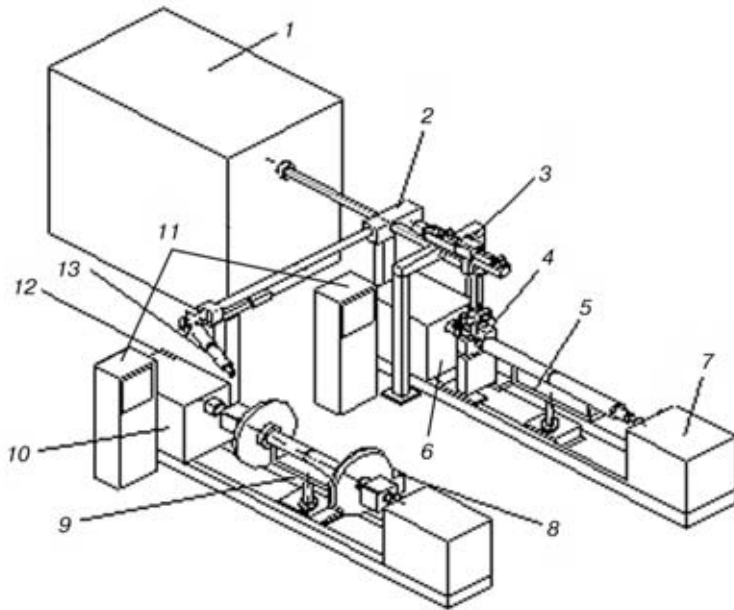
Традиционно детали вагонов восстанавливали способами дуговой или газопламенной сварки и наплавки (ручной дуговой, автоматической и механизированной под слоем флюса и в защитных газах, плазменно-дуговой, газовой и др.) [2]. К недостаткам указанных способов следует отнести большую (свыше 1 мм) припуск на чистовую механическую

обработку и значительный разогрев наплавляемой детали, что может отрицательно сказаться на ее форме и размерах после остывания. Кроме того, материал оси колесной пары (сталь 60) является трудносвариваемым. Его не рекомендуется использовать при дуговой сварке и наплавке [3]. Поэтому, с нашей точки зрения, для восстановления шеек осей вагонов целесообразно применять лазерную наплавку непрерывным излучением  $\text{CO}_2$ -лазера, позволяющую устранить указанные недостатки [4].

С учетом особенностей основного металла осей вагонов в качестве присадки для лазерной наплавки шеек рекомендуется использовать порошки самофлюсующихся сплавов на основе никеля. Технология наплавки таких материалов достаточно подробно описана в работе [4].

В ИЭС им. Е. О. Патона осуществляли обработку технологии лазерной наплавки шеек вагонных осей на образцах-имитаторах, выполненных из стали 60 с присадкой порошка ПГ-СР2, дающего твердость примерно *HRC* 40. Был выбран следующий режим: мощность излучения 3,2...3,5 кВт; скорость наплавки 64...72 м/ч; диаметр пятна фокусирования излучения 2,5...3,0 мм; массовый расход наплавочного порошка 0,25 г/с. Эксперименты проводили и с другими присадочными материалами. Установлено, что в наплавленном слое образуются микротрещины (ширина раскрытия 5...20 мкм), количество которых, размер и периодичность повторения зависят от многих факторов (например, от твердости наплавляемого слоя, химического состава и грануляции наплавочного порошка, характера и скорости теплоотвода). Наиболее радикальным и простым способом устранения трещин является предварительный подогрев и замедленное охлаждение наплавляемой детали.

В вагонном депо Иркутск-сортировочный (ВСЖД, Россия) в 1996 г. был создан экспериментальный участок лазерного восстановления поверхностей осей, предназначенных для посадки подшипников. В комплект оборудования для него вошли лазерная технологическая установка ЛОК-3М (быстропроточный  $\text{CO}_2$ -лазер мощностью излучения 2,5 кВт), горизонтальный вращатель М310504 (частота вращения планшайбы 0,5...2,5 мин<sup>-1</sup>), круглошлифовальный станок типа 3М173, специа-



Лазерный технологический комплекс для наплавки шеек осей и термообработки поверхностей качения вагонных колесных пар: 1 — технологический лазер; 2 — блок распределительного зеркала; 3 — головка лазерной наплавки; 4 — устройство сопутствующего подогрева; 5, 9 — устройства загрузочные поворотные; 6 — пост лазерной наплавки шеек осей; 7, 12 — вращатели; 8 — устройство нанесения поглощающего покрытия; 10 — пост лазерного термоупрочнения колесных пар; 11 — шкафы управления; 13 — головка лазерного

лизированное нагревательное устройство для термообработки шеек после наплавки. Эксплуатация данного участка позволила ежемесячно восстанавливать до 360 осей, которые ранее отбраковывались в металллом.

Кроме восстановления шеек осей вагонов, актуальной задачей является повышение эксплуатационного ресурса поверхностей качения колесных пар, т. е. ободов колес. Однако такой эффект не должен сопровождаться снижением срока службы рельсов. Наши исследования показали, что наибольшее приближение к требуемому результату дает «островковое» упрочнение, создающее твердые износостойкие участки металла в сравнительно мягкой демпфирующей матрице. Реализовать такое упрочнение можно путем использования лазерной термообработки (ЛТО) без оплавления, применяемой в качестве завершающей операции.

В ИЭС им. Е. О. Патона на образцах-имитаторах была отработана технология ЛТО сталей без оплавления, включающая очистку и обезжиривание упрочняемой поверхности, нанесение поглощающего покрытия, собственно ЛТО и удаление (смыть) остатков поглощающего покрытия. В качестве поглощающих удобнее всего наносить специально разработанные водорастворимые полимерные покрытия, например МЦС-510, СГ-504, ФС-1М [5]. Они имеют высокую (примерно 80...90 %) поглощающую способность, дешевы, не токсичны, не горят, не выделяют копоть при лазерном нагреве, легко наносятся путем пневмораспыления, окраски кистью или валиком. В случае применения покрытия МЦС-510 приемлем режим ЛТО со следующими параметрами: мощность излучения 3,0...3,2 кВт; ширина дорожки закалки 9 мм; скорость 60 м/ч. Глубина дорожки

ЛТО при этом составляла 0,7...0,8 мм, оплавление на поверхности отсутствовало. Для достижения эффекта «островкового» упрочнения на обод колеса, галтели и части реборды следует применять сканирование, придающее дорожке упрочнения пилообразную форму.

Упрочненные образцы испытывали на износостойкость способом «сухого» трения по схеме цилиндр-штырь на специально разработанной машине. Контртела изготавливали из стали 45 с последующей закалкой до твердости около HRC 55. Удельное давление устанавливали в пределах 10...16 МПа, частота вращения испытуемого образца составляла 50...1600 мин<sup>-1</sup>, линейные скорости трения — 1600...54000 м/ч. Износ образцов измеряли по изменению диаметра микрометром с ценой деления шкалы 0,01 мм, а также по изменению массы взвешиванием на коромысловых весах типа МТЗ № 206 (1965 г.) с погрешностью ±10 мг. Для повышения точности измерений увеличивали продолжительность трения. Результаты испытаний показали, что износостойкость упрочненных образцов превышает таковую образцов, выполненных из материала стандартного вагонного колеса, в 2...3 раза.

На основании результатов экспериментов, а также опыта эксплуатации комплекса восстановления шеек осей (г. Иркутск) принято решение о разработке и проектировании промышленного комплекса для лазерного восстановления шеек осей и упрочнения поверхностей качения колесных пар железнодорожных вагонов. В соответствии с этим в ОКТБ ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины был спроектирован комплекс (рисунок), в состав которого входят технологический лазер 1 мощностью излучения 5 кВт (например, «Плутон-5» [5]), два поста лазерной обработки 6 и 10, система транспортировки и фокусирования лазерного излучения, системы управления 11 постами 6 и 10.

Комплекс работает в полуавтоматическом режиме, т. е. загрузка, закрепление и выгрузка деталей осуществляются с помощью транспортных средств участка, прочие технологические операции — автоматически. Непосредственно перед началом работы лазер 1 включают и выводят на заданный режим, предварительно перекрыв путь излучению заслонкой-прерывателем. В дальнейшем подача и прерывание излучения выполняются механическим перемещением заслонки. Подготовленную к наплавке (прошлифованную и обезжиренную) ось вагона устанавливают на посту 6. Для этого устройство 5 поворачивают перпендикулярно оси поста, кранбалкой опускают предварительно подогретую в печи до ~300 °С ось, устройство 5 устанавливают в показанное на рисунке положение и фиксируют, подводят центры вращателя 7 и зажимают ими ось. После этого к наплавляемой шейке подводят устройство сопутствующего подогрева 4 и включают его. Приводится во вращение ось, головка 3 выводится в начальное положение, проверяется уровень

наплавочного порошка в бункере головки (при необходимости порошок досыпается), включается подача порошка и лазерного излучения, начинается процесс наплавки.

Отметим, что устройство 4 представляет собой состоящий из двух половин отражатель с вакуумно-дуговыми лампами (по 5 ламп мощностью 2 кВт каждая), который охватывает с двух сторон шейку оси. Верхняя часть отражателя выполнена разомкнутой таким образом, чтобы имелся свободный доступ лазерного излучения и присадочного порошка к наплавляемой поверхности, а также была возможность осуществления визуального контроля за процессом наплавки. Такое устройство в течение всего процесса поддерживает постоянной температуру предварительно нагретой шейки.

Поворотное устройство 5 позволяет по окончании наплавки одной шейки оперативно перенастроиться для наплавки второй. Готовая деталь выгружается в обратном порядке. Аналогично производится загрузка-выгрузка колесной пары на посту 10.

Отличие подготовки к ЛТО на этом посту заключается в нанесении на упрочняемую поверхность колеса поглощающего покрытия с помощью устройства 8, представляющего собой пневмораспылитель раствора поглощающего покрытия и фен для его сушки. Головка 13 поста 10 имеет механический сканатор, позволяющий производить ЛТО поверхности качения как пилообразно, так и по спирали.

1. ЦТ/4351-85. Инструкция по формированию и содержанию колесных пар тягового подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм. — М.: Транспорт, 1988. — 87 с.
2. Богданов А. Ф., Чурсин В. Г. Эксплуатация и ремонт колесных пар вагонов. — М.: Транспорт, 1985. — 269 с.
3. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин и др. — М.: Машиностроение, 1989. — 640 с.
4. Величко О. А. Лазерное упрочнение и наплавка промышленных изделий // Новые процессы и оборудование для газотермического и вакуумного покрытия: Сб. науч. тр. — Киев: ИЭС, 1990. — С. 17-21.
5. Технологические лазеры: Справочник. В 2 т. Т.1. Расчет, проектирование и эксплуатация / Г. А. Абильситов, В. С. Голубев, В. Г. Гонтарь и др. — М.: Машиностроение, 1991. — 432 с.

The importance of solving the problems of hardening of the roll surfaces of wheels is shown. Drawbacks of traditional repair technologies intended for reconditioning of necks of axles of railway car wheelsets are considered. It is suggested that laser surfacing and heat treatment could be used for the purpose. An example of experimental-commercial application of the recommended laser technologies in the «Irkutsk Sortirovochny» car depot (Russia) is described.

Поступила в редакцию 27.05.2000,  
в окончательном варианте 07.07.2000

## ИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТИ

г. Феодосия

29–31 мая 2001 г.

## И РЕНОВАЦИЯ ИЗДЕЛИЙ

### ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Ассоциация технологов-машиностроителей Украины  
Всероссийский НИИ технологии упрочнения,  
восстановления и изготовления деталей  
(ВНИИТУВИД «Ремдеталь») (Россия)  
НИИ порошковой металлургии (Беларусь)  
Инженерный центр диагностики и восстановления оборудования  
«ИНЦЕН» (Россия)  
Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины  
Институт электросварки им. Е. О. Патона  
НАН Украины  
Киевский государственный университет технологий и дизайна  
Механико-машиностроительный институт Национального технического  
университета Украины «КПИ»  
Национальный технический университет «ХПИ»  
Харьковская государственная академия железнодорожного  
транспорта  
Кировоградский государственный технический университет  
КП «Харьковский НИИ технологии машиностроения»  
Полоцкий государственный университет (Беларусь)  
Машиностроительный факультет Белградского университета  
(Югославия)

### ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ

Научные основы инженерии поверхности:

- материаловедение
- физико-химическая механика материалов
- физико-химия контактного взаимодействия
- износо- и коррозионная стойкость, прочностные показатели поверхностного слоя
- функциональные покрытия и поверхности
- технологическое управление качеством и эксплуатационными свойствами деталей

Технология ремонта машин, восстановления и упрочнения деталей  
Метрологическое обеспечение ремонтного производства  
Экология ремонтно-восстановительных работ

Справки по тел./факсу: (044) 430 85 00, E-mail:atmu@atmu.freenet.kiev.ua  
04074, Киев-74, ул. Автозаводская, 2 Ассоциация технологов-машиностроителей Украины (АТМ Украины)

