

## ВАГОН ҒИЛДИРАГИНИ КАВШАРЛАШ ТЕХНОЛОГИЯСИ ҲАҚИДА

**Файзибаев Шерзод Собирович,**

техника фанлари доктори, профессор,  
«Вагонлар ва вагон хўжалиги» кафедраси мудири;

**Набиев Эльман Саядович,**

техника фанлари номзоди,  
доценти;

**Самборская Нелли Алексеевна,**

катта илмий ходим

Тошкент давлат транспорт университети

**Аннотация.** Мақола вагон ғилдирагининг тўлиқ ейилган юзасига кавшарланган металл сифатини кўриб чиқишга бағишланган. Экспериментал равишда, кўп электродли сирт жараёнининг ўзига хос энергиясининг кучланиш ва ток кучи билан аниқланган, асосий металлга 200 °С гача қиздирилиши учун зарур бўлган иссиқлик киритилишини таъминлайдиган қийматлари аниқланди. Ғилдирагининг тўлиқ юзаси ва гребенига кенг валикларни кавшарлаш технологик кетма-кетлиги келтирилган. Валикларни кавшарлашнинг қабул қилинган схемаси юзанинг иссиқлик деформациялари даврлари учун қулай шароит яратади. Валик ҳосил бўлишининг сифатига таъсир электродларнинг сирт юзасига нисбатан жойлашиши билан кўрсатилади. Ғилдирагининг цилиндрсимон юзасига ётғизилган валикнинг керакли қалинлиги ва кенглигига қараб электродларнинг диаметри ва сони, шуниндек, уларнинг зенитдан силжиш миқдори танланган. Дефектлар пайдо бўлишининг сабаблари ва уларни йўқ қилиш усуллари аниқланган. Вагон ғилдирагини олдиндан қиздирмасдан оптимал режимда ейилган юзасида дефектсиз ва мўрт бўлмаган таркибли металл олиш мумкинлиги кўрсатилган.

**Таянч тушунчалар:** яхлит қуйилган ғилдирак, носозликлар, кўп электродли кавшарлаш, ғилдирагининг сирпаниш юзаси, ғилдирагининг гребени.

## ТЕХНОЛОГИИ НАПЛАВКИ ВАГОННОГО КОЛЕСА

**Файзибаев Шерзод Собирович,**

доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство»;

**Набиев Эльман Саядович,**

кандидат технических наук, доцент;

**Самборская Нелли Алексеевна,**

старший научный сотрудник

Ташкентский государственный транспортный университет

**Аннотация.** Статья посвящена анализу качества металла, наплавленного на всю изношенную поверхность вагонного колеса. Экспериментальным путем определены значения удельной энергии процесса многоэлектродной наплавки, определяемой напряжением и током, обеспечивающими необходимое тепловложение в основной металл с целью прогрева его до 200 °С. Представлена технологическая последовательность наплавки широкослойных валиков на поверхность катания и гребень колеса. Принятая схема наложения валиков создает благоприятные условия для протекания термомодеформационных циклов наплавки. Показано влияние на качество формирования валика расположение электродов относительно поверхности наплавки. В зависимости от требуемой толщины и ширины валика, наплавляемого на цилиндрическую поверхность колеса, выбраны диаметр и количество электродов, а также величина их смещения с зенита. Выявлены причины образования дефектов и пути их устранения. Установлено, что на оптимальных режимах без предварительного подогрева вагонного колеса можно получить на восстанавливаемой поверхности металл без дефектов и хрупких структур.

**Ключевые слова:** обод колеса, дефекты, многоэлектродная наплавка, поверхность катания, гребень.

**Fayzibaev Sherzod Sobirovich,**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Head of the Department "Cars and Wagons";

**Nabiyev Elman Sayadovich,**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

**Samborskaya Nelli Alekseevna,**

Senior Research

Tashkent State Transport University

**Abstract.** The article is devoted to the analysis of the quality of the metal deposited on the entire worn surface of the wagon wheel. The values of the specific energy of the multi-electrode surfacing process, determined by voltage and current, providing the necessary heat supply to the base metal to heat it up to 200 ° C, have been experimentally identified. The technological sequence of surfacing wide-layer beads on the rolling surface and the wheel flange is presented. The adopted scheme of bead overlaying creates favorable conditions for the course of thermal deformation cycles of surfacing. The quality of the bead formation is affected by the location of the electrodes relative to the surfacing surface. Depending on the required thickness and width of the bead applied to the cylindrical surface of the wheel, the diameter and number of electrodes, as well as the value of their displacement from the zenith, were selected. The reasons for the formation of defects and methods of their elimination are revealed. It has been determined that on optimal regimes without pre-heating the wagon wheel, it is possible to obtain metal without defects and brittle structures on the restored surface.

**Keywords:** wheel rim, defects, many-electrode welding, skating surface, comb.

### Введение

Повышение скорости движения и объема перевозок грузов по железным дорогам стран СНГ способствовали увеличению потребности вагонных хозяйств в колесных парах. Проблему с колесами решают путем закупки новых и продления срока службы эксплуатируемых. С целью сохранения валютных средств вагоноремонтные предприятия применяют различные способы восстановления и упрочнения колес. Эксплуатационные характеристики колес обеспечиваются путем восстановления геометрии профиля обточкой на колесотокарных станках. При этом обточка, из-за наличия дефектов в поверхностных слоях металла (выщербины, ползуны), уменьшает диаметр колеса и снижает ресурс его работы.

Немаловажным фактором, ускоряющим браковку колес, является интенсивный износ гребней по рабочей поверхности. На ремонтных предприятиях изношенные гребни восстанавливают наплавкой с последующей механической обработкой. Однако механическая обработка ведется не только по наплавленной по-

верхности гребня, но и по всему профилю катания. В результате преждевременно расходуется большое количество работоспособного металла обода колеса. Для кардинального решения вопроса продления срока службы колес, за счет сохранения рабочей толщины обода, предлагается наплавлять не только гребни, но и поверхность катания. Реализовать поставленную задачу можно способом многоэлектродной наплавки [1].

В научно-исследовательской лаборатории «Материаловедение и сварка» Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта проведены исследования и получены положительные результаты по возможности внедрения технологии многоэлектродной наплавки колес в ремонтное производство [2].

### Основная часть

Достоинством технологии является отказ от предварительного подогрева обода колеса перед наплавкой. Прогрев обода до нужной температуры для предотвращения образования трещин в металле наплавки обеспечивается за счет ис-

пользования большой тепловой мощности при наложении первого валика на поверхность катания. Данная статья посвящена технологическим рекомендациям по применению технологии многоэлектродной наплавки колес, обеспечивающие получение качественного металла на поверхности обода.

С целью максимального увеличения производительности процесса восстановления колеса, а также уменьшения снижения усталостной прочности наплавленного металла желательно наплавлять всю поверхность катания за один проход. Однако предварительные расчеты температурных напряжений в материале колеса показали, что не следует гнаться за производительностью и наплавлять всю поверхность катания одним широкослойным валиком. В результате действия мощного источника тепла появляется большой температурный градиент, который вызывает появление в материале колеса внутренних напряжений, близких к пределу прочности колесной стали. Поэтому наплавку поверхности катания шириной 90 мм целесообразно производить в два прохода валиками 55 и 40 мм, толщиной 3 мм. Экспериментальными исследованиями установлено, что получение необходимой толщины и ширины наплавленного слоя обеспечивается соответственно 5- и 4-электродными проволоками диаметром 3 мм. При этом наплавленные валики приобретают наиболее благоприятную форму при смещении электродных проволок в сторону, противоположенную вращению колеса, на 60 мм от зенита. Электроды подаются в зону сварки специальной головкой, оборудованной устройством независимой подачи каждой проволоки как индивидуально, так и совместно.

Анализ проведенных исследований показал, что объемы, находящиеся на разном удалении от места наплавки, нагреваются до разных температур и скорости их нагрева и охлаждения разные [3]. Поэтому выбор места наплавки определяет начальные условия тепловложения, а с

ними и распределение температур в теле колеса. В связи с этим опытами установлено наиболее рациональное наложение валиков для создания благоприятных условий протекания термометформационных циклов наплавки.

Первый валик шириной 55 мм наносится на поверхность катания прилегающей к гребню колеса (рис., поз. 1). Это место наибольшего проката и наибольших пластических деформаций. Поскольку колесо еще холодное, металл кристаллизуется быстро, глубина проплавления несколько больше, что и требуется для переплавления металла, подвергнутого пластической деформации. Поверхность наплавки располагается над областью прилегания диска к ободу колеса примерно на равном расстоянии от краев обода. Поэтому теплоотвод из места наплавки наиболее равномерно поступает в материал колеса, уменьшая его деформацию. Наплавка первого слоя у гребня со скоростью 10-12 м/ч на токе 800÷1000 А и напряжении 30 В разогревает обод колеса до 175 °С [4]. При такой температуре можно вести наплавку любой поверхности, не опасаясь получить в ЗТВ опасную структуру мартенсита.

4 3 1 2



**Рис. Последовательность наложения валиков на поверхность обода колеса**

Нанесение первого валика на поверхность катания у гребня, требует особого внимания, т. к. наплавка ведется на постоянном токе и возможно возникновение «магнитного дутья», которое не вполне благоприятно сказывается на процессе горения дуг на электродах и на форме ванны жидкого металла и шлака, и может привести к дефектам. При расположении крайнего электрода на расстоянии 6 мм от поверхности гребня формирование наплавки хорошее, жидкий металл смачивает поверхность гребня, образуя правильную галтель. Если же это расстояние уменьшить до 3 мм дуга перекидывается на поверхность гребня, оплавляя ее, в результате образуется подрез, который недопустим при наплавке. Брак подреза можно исправить двумя способами: переплавлением мощной дугой, когда глубина проплавления в 2-3 раза превышает глубину подреза, или удалением наплавленного с подрезом металла и повторной наплавкой. В тоже время, если увеличить это расстояние, то тепла оказывается недостаточно, чтобы хорошо прогреть гребень, в результате, за счет поверхностного натяжения ванны жидкого металла наплавки, оплавившиеся капли уносятся в ванну, а на неровной оплавившейся поверхности гребня остается тонкий слой шлака. При последующем расплавлении поверхности гребня шлаковая пленка препятствует хорошему прогреванию, в результате шлак не успевает всплыть на поверхность ванны, и образуются шлаковые включения.

Нами были выполнены эксперименты по несколько другой схеме. Сначала наплавлялся и прогревался край колеса со стороны фаски, а затем накладывался валик между первым и гребнем колеса. Наличие деформаций и сложных термических напряжений в колесе приводили к появлению горячих трещин у такого валика. Кроме того, шлак у второго валика плохо отделяется со стороны гребня колеса, и когда накладывается соседний слой, происходит зашлаковка стыка. Исправить такой дефект

можно только снятием стружки со всей поверхности катания колеса. После чего она должна быть наплавлена в той же последовательности: валик – по краю с фаской, валик – у гребня. Может быть и другой путь исправления указанного дефекта. Проточкой снимается дефектная часть наплавки, но так, чтобы образовалась ванночка с раскрытыми краями. Затем колесо греется до 200 °С, и эта ванночка заправляется. Как видим, исправление брака операция трудоемкая, и ее следует избегать.

В соответствии с рисунком (поз. 2) вторым проходом необходимо наплавить поверхность катания по краю возле фаски для лучшего прогрева гребня колеса. Валик накладывается рядом с первым с минимальным перекрытием – 5 мм, что уменьшает зону двойного перегрева и сохраняет высокие механические характеристики металла обода колеса. Наплавку следует вести уже не пятью, а только четырьмя проволоками. При этом ширина наплавляемого слоя уменьшится до 40 мм. Даже несмотря на очень благоприятные условия наплавки второго слоя – на прогретую поверхность вдали от массивного гребня, и здесь могут возникнуть дефекты. Чтобы обеспечить хорошее формирование наплавленного металла, электроды необходимо устанавливать так, чтобы образующая крайнего электрода совпадала с поверхностью торца обода колеса. При этом флюсоудерживающая оснастка должна быть удалена от места наплавки на 10 мм, и не должно быть зазоров между ней и боковой поверхностью колеса, через которые может просыпаться флюс. Установлено, что если расстояние между оснасткой и электродом составит менее 10 мм, то в случае блуждания конца крайнего электрода дуга перекидывается на оснастку и прожигает ее.

Следующая поверхность, подлежащая наплавке, – изношенная часть гребня (рис., поз. 3). Она наплавляется двумя электродами на токе 500-600 А при напряжении 30-32 В. Перед наплавкой колесо устанавливается так, чтобы вертикальная

ось проходила под углом  $60^{\circ}$  к поверхности диска колеса. В этом случае поверхность гребня, подлежащая наплавке, займет горизонтальное положение. Электроды размещаются посередине гребня так, чтобы расстояние между поверхностью катания и крайним электродом было бы не более 10 мм. Это необходимо для образования жидким металлом вогнутого мениска, аналогичного галтели при переходе от поверхности катания к гребню. Правильное формирование галтели чрезвычайно важная задача. Это одна из ответственных поверхностей колеса. Создание в ней дефектов может привести к сходу вагона, особенно на кривых малого радиуса. Гребень, изношенный на 3 мм, наплавляется одним слоем, более 3 мм – двумя слоями.

После наплавки изношенной части гребня наплавляется его вершина (рис., поз. 4), если высота гребня менее 25 мм. Вершина гребня колеса является наиболее опасной поверхностью, наплавлять которую необходимо в последнюю очередь, когда колесо достаточно прогрелось, в противном случае возможны трещины.

### Выводы

Выполненные расчеты показали, что на вершине гребня при наплавке возникают напряжения, в 1,5 раза превышающие прочность колесной стали. Установлено, что если после наплавки вершины гребня наплавлять поверхность катания не в два прохода, а за один по всей ширине, то внутренние напряжения в материале колеса приближаются к критическим, вызывая разрушение обода. Это является дополнительным доказательством в пользу двухполосной наплавки поверхности катания колес.

Вершина гребня представляет собой острую грань призмы и при наложении первого слоя не увеличивается, а уменьшается по высоте из-за глубокого проплавления. Наплавка вершины гребня

является сложной операцией и при неправильном осуществлении сопровождается появлением дефекта – натеков (шишек). Удалить их можно только газовой резкой, но при этом возникает вероятность локального перегрева и образования трещин в гребне во время эксплуатации. Одним из причин появления натеков является неверная выбранное смещение электрода относительно зенита. Правильно выбранное смещение с зенита, при среднем (40 мм) вылете электрода, обеспечивает нормальное формирование шва с хорошим отделением шлаковой корочки. Вершину гребня необходимо наплавлять одним электродом на токе 300 А при напряжении 26-28 В.

Таким образом, автоматическая многоэлектродная наплавка колес грузовых вагонов – не такая простая операция. Только соблюдение вышеописанных приемов позволит быстро и качественно получить наплавленный металл на сложной поверхности обода колеса без дефектов и избежать значительных деформаций.

Металлографические исследования показали высокое качество наплавленного металла. Оксидные включения, в большом количестве имеющиеся в основном металле, отсутствуют в наплавленном. Скорость охлаждения колеса после наплавки не вызывает неблагоприятных структурных изменений.

Колеса, наплавленные по поверхности катания и гребня многоэлектродным способом, прошли эксплуатационные испытания и выдержали жесткие режимы эксплуатации без каких-либо повреждений [5]. Предлагаемая технология многоэлектродной наплавки в сочетании с определенной периодичностью восстановления, а в дальнейшем и упрочнения, позволит увеличить срок службы колес в 2 и более раз.

## Источники и литература

1. Меликов В.В. Многоэлектродная наплавка. – М.: Машиностроение, 1988. – 140 с.
2. Файзибаев Ш.С., Набиев Э.С., Самборская Н.А. Восстановительная наплавка колес грузовых вагонов. // *Sciences of Europe*. – 2017. – Vol. 1. – No. 19 (19). – Pp. 61-65.
3. Меликов В.В., Набиев Э.С. Динамика изменения температуры в материале цельнокатанного вагонного колеса при автоматической многоэлектродной наплавке // *Сварка и смежные технологии: Тез. докл. Всеросс. научно-техн. конф.* – М., 2000. – С. 94-97.
4. Набиев Э.С. Авдеева А.Н. Анализ изменения температуры нагревания материала вагонного колеса при наплавке с учетом влияния скорости движения тепловых волн // *Вестник ТашИИТ.* – 2016. – № 1. – С. 53-56.
5. Набиев Э.С. Результаты ходовых испытаний наплавленных колесных пар грузовых вагонов // *Вестник ТашИИТ.* – 2016. – № 2/3. – С. 84-88.

## Рецензент:

Амиров С.Ф., доктор технических наук, профессор Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта.