

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ «ПЛАЗЕР» РЕНОВАЦИИ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Железнодорожный транспорт, при кажущейся простоте и консервативности, является одним из самых массовых потребителей высокоточных тяжело нагруженных деталей. Это элементы буксовых подшипников, колесные оси, роторы тяговых электродвигателей и многое другое. Детали, работающие в механизмах подвижного состава подвержены почти всем возможным негативным факторам: высокие скорости, высокие статические и динамические нагрузки, вибрации, абразивный и коррозионный износ, перепады температур от -50 до $+50$ °С. Все это сочетается с предельно высокими требованиями к надежности работы. Несмотря на широкое распространение технологий рециклинга, многие железнодорожные предприятия предпочитают ремонтировать износившиеся детали (если они ремонтпригодны), а не заменять новыми. Анализ большинства существующих способов восстановления деталей, несущих циклическую нагрузку, возможностей их использования для ремонта вагонных осей под прессовую посадку элементов колесных пар, условий демонтажа и монтажа узлов соединений, а также технических возможностей ремонтных предприятий железных дорог и экономической эффективности различных способов ремонта позволил сделать вывод о технологичности и целесообразности применения электродугового пламенного напыления для восстановления изношенных мест осей колесных пар вагонов, в частности буксовых шеек осей. Идея восстановления буксовых шеек (Рис.1) напылением заключается в том, чтобы, используя современное оборудование, недорогие и недефицитные напыляемые материалы, разработать технологию, обеспечивающую получение восстановленных шеек осей со свойствами в эксплуатации и при монтаже выше, чем у новых осей.

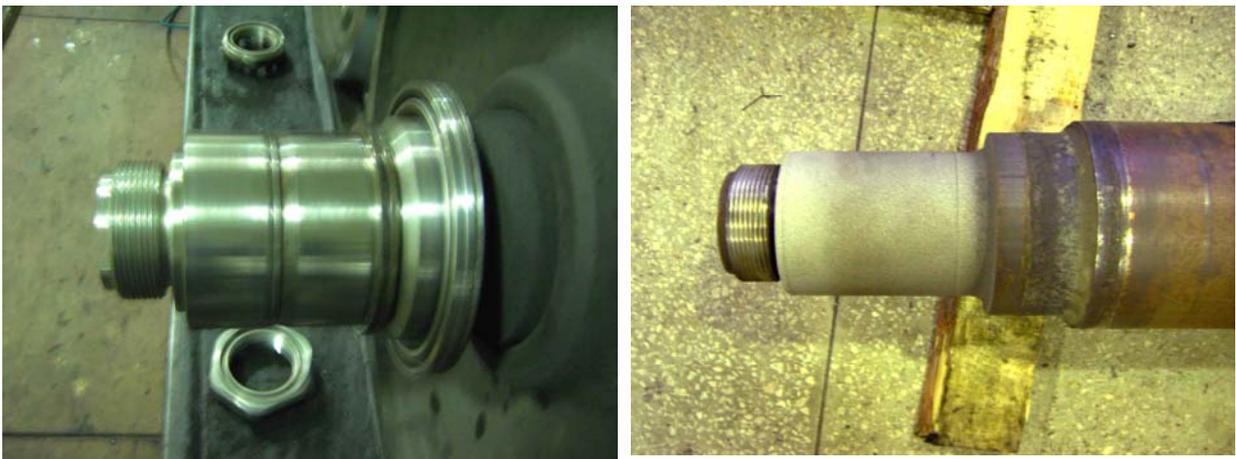


Рис. 1. Буксовая шейка оси колесной пары до и после напыления покрытия

Применительно к вагонным осям необходимо обеспечить следующее: предел выносливости оси по шейке должен оставаться на уровне 15,0 МПа по сечению I-I или 16,5 МПа по сечению II-II, шейка с покрытием должна выдерживать при оптимальном натяге внутренних колец подшипников (0,045...0,050 мм) не менее четырех холоднопрессовых перепрессовок, обладать контактно-усталостной прочностью на уровне новых осей. Кроме этого, технология восстановления должна вписываться в производственный цикл ремонтного предприятия с точки зрения определенной корреляции между высокой точностью при токарной обработке шеек и необходимой при этом точностью токарного оборудования — не более 0,03 мм (альбомный размер буксовых шеек составляет мм), т. е. при точении покрытия необходимо уложиться в допуск всего 0,027 мм. При изготовлении новых осей это сделать достаточно легко, так как обработкой является шлифование. В вагонных депо круглошлифовальные станки, как правило, отсутствуют.

Таким образом, современное машиностроение выдвигает все более высокие требования к покрытиям, которые могут быть удовлетворены только с реализацией новых подходов. Это, например, требование обеспечить близкую к нолю пористость, прочность покрытия, приближающуюся к прочности компактного материала с минимальными потерями при напылении из-за использования дорогих материалов при больших объемах производства деталей с покрытиями. Плюс необходимость обеспечения точности, воспроизводимости показателей качества при длительной работе оборудования. Перспективным для решения таких задач представляется процесс плазменно дугового проволочного напыления в аргоновой дуге с интенсивным спутным воздушным обдувом (Рис.2). Здесь дуга горит между вольфрамовым

катодом, обдуваемым небольшим расходом аргона и плавящейся токоведущей проволокой, подаваемой за срезом двойного сопла плазмотрона. В зазор между соплами вдувается воздух. Особенности такого процесса являются 1. Плавление и струйное течение материала проволок происходит в защитной атмосфере аргона,

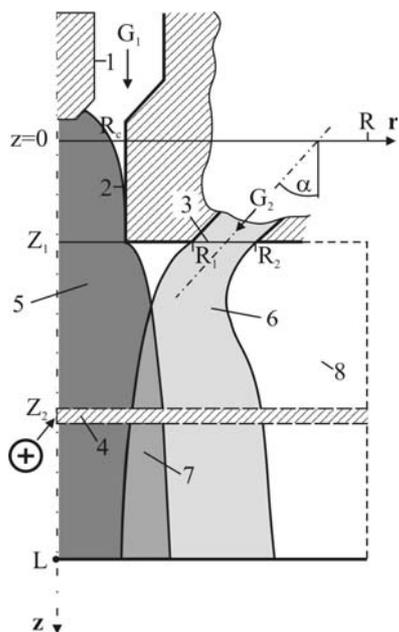


Рис. 2. Схема плазменно-дугового металлатора: 1 – катод; 2 – сопло металлатора, 3 – канал подачи обдувающего газа; 4 – проволока-анод; 5 – плазма; 6 – газ обдувки; 7 – плазменная смесь; 8 – окружающая среда

Дробление расплава и разгон дисперсных частиц обеспечивается сверхзвуковым потоком воздуха, истекающего из кольцевого зазора между соплами плазмотрона. Такая последовательность событий обеспечивает минимальные потери на испарение материала проволок, минимальное его насыщение кислородом и азотом, получение оптимального фракционного состава дисперсной фазы, достижение частицами напыляемого материала около звуковой скорости в момент встречи с основой, получение наиболее высокой объемной концентрации напыляемых частиц, минимальный угол раскрытия двухфазного потока, составляющий несколько градусов. Эти обстоятельства создают предпосылки для вывода газотермических покрытий на современный конкурентоспособный уровень. Важную роль при совершенствовании конструкций плазменно-дуговых металлаторов (плазмотронов) и выборе рациональных режимов их работы играет точность прогнозирования характеристик формируемых плазменных и двухфазных потоков.

Эти задачи могут быть успешно решены путем разработки соответствующих физико-математических моделей, создания программного обеспечения для их компьютерной реализации и численного моделирования исследуемых потоков дуговой плазмы.

Моделирование процесса плазменно-дуговой металлации проводилось при следующих условиях (рис. 1). Дуга постоянного тока I горит между тугоплавким водоохлаждаемым катодом и токоведущей проволокой, расположенной за срезом сопла плазмотрона. Подающийся в сопло рабочий (плазмообразующий) газ с объемным расходом G_1 нагревается электрической дугой и истекает из электродного сопла радиусом R_c . Открытый участок разряда (вне плазмформирующего канала) обдувается потоком газа с объемным расходом G_2 , подаваемого через кольцевой канал $R_1 \leq r \leq R_2$ под углом α к оси плазмотрона. Давление во внешней среде атмосферное. Анодная проволока расположена на расстоянии Z_2 от начала расчетной области. Полагается, что в области анодной привязки ток дуги плавно уменьшается и далее (при $z > Z_2$) имеет место бестоковое инерционное движение плазмы.

Таким образом, при теоретическом анализе процессов нагрева и движения газа в условиях плазменно-дуговой металлации расчетный участок можно условно разделить на три области (рис. 1):

- 1 - область течения дуговой плазмы внутри сопла металлатора ($0 \leq z < Z_1$);
- 2 - область внешнего течения дуговой плазмы и ее взаимодействия с потоком обдувающего газа ($Z_1 \leq z \leq Z_2$);
- 3 - область инерционного движения бестоковой плазмы ($z > Z_2$).

В плазмотронах рассматриваемого типа осуществляется прокатка небольших количеств плазмообразующего газа (аргона), в них, как правило, реализуется ламинарный режим течения плазмы, поскольку вязкость газа с ростом температуры увеличивается. Ввод в открытую область дуги спутного сверхзвукового потока обдувающего газа (сверхзвуковой поток по своей природе является ламинарным) и его взаимодействие с основной ламинарной плазменной струей на участке формирования двухфазного потока явились предметом исследования, результаты которого можно обобщить следующим образом:

1. Предложена математическая модель газодинамических, тепловых и электрических процессов в дуговых плазмотронах и создано программное обеспечение для ее компьютерной реализации, которое может быть использовано для качественной и количественной оценки основных характеристик ламинарного/турбулентного течения дуговой плазмы, в плазмотронах прямого и косвенного действия, в том числе при наличии спутного обдувающего газового потока. Проведено детальное численное моделирование характеристик течения дуговой плазмы в условиях плазменного распыления токоведущей проволоки.

2. Обдув плазменной струи спутным потоком холодного газа препятствует ее расширению и существенно увеличивает ее протяженность. Так, на расстоянии порядка 50 мм от среза сопла плазмотрона ширина ядра плазменного потока, не обдуваемого защитным газом, превышает

ширину обдуваемой струи приблизительно в 2 раза. В результате, обдуваемая плазменная струя значительно дольше сохраняет свой импульс и энергию, практически не смешиваясь с обдувающим газом.

3. В случае, когда динамический напор обдуваемой внешней воздушной струи значительно превышает напор внутреннего потока аргоновой плазмы, последний вытягивается в осевом направлении с плавным повышением динамического напора до уровня внешней струи.

4. Проведенные численные исследования демонстрируют возможности предложенной математической модели для описания турбулентных плазменных потоков, взаимодействующих с газом внешней среды. Данная математическая модель может быть расширена для случаев сложного многокомпонентного взаимодействия газов различного рода, например, имеющих место при смешении рабочего газа плазмы, инертного газа обдувки и газа окружающей среды.

5. Затопленная струя аргоновой плазмы, истекающая в воздушную среду, достаточно быстро перемешивается с воздухом и, вследствие ее неограниченного расширения и увеличения температуропроводности образующейся плазменной смеси, охлаждается интенсивней плазменной струи, истекающей в однородную среду.

6. Обдув аргоновой плазменной струи кольцевым потоком холодного воздуха приводит к перестройке течения, в результате чего формируется достаточно узкий высокотемпературный след дуги, содержание аргона в котором остается высоким (> 80 % на расстоянии 50 мм от среза сопла).

На базе вышеприведенных теоретических исследований научно технический центр «ПЛАЗЕР» разработал технологию и полуавтомат (Рис.3) для реновации осей колесных пар.



Рис.3. Полуавтомат «ПЛАЗЕР» для реновации осей колесных пар

Плазмотрон полуавтомата «ПЛАЗЕР», общий вид и в работе при напылении порошковой проволоки приведен на Рис.4.

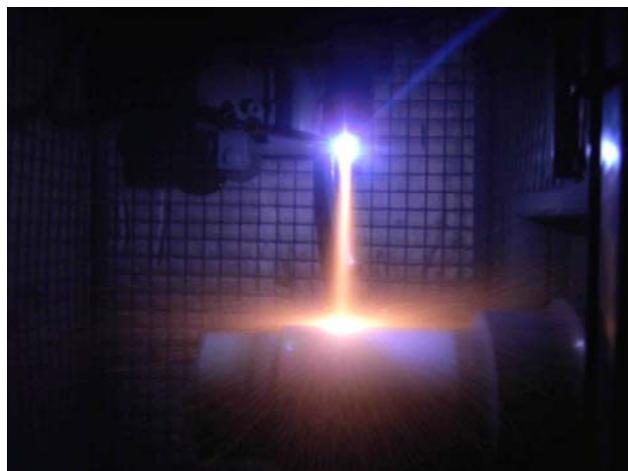


Рис.4. Плазмотрон для напыления проволоочных материалов при работе в режиме дежурной дуги и при напылении покрытия на ось колесной пары.