

Электрохимическая обработка железнодорожных колесных пар

77-48211/513870

10, октябрь 2012

Заставный Е. А., Брылев А. В.

УДК 67.05

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

zastavny2009@yandex.ru

brylew@mail.ru

В связи с появлением скоростных поездов на железных дорогах многих стран остро встает вопрос достижения требуемой точности и погрешности формы («некруглости») поверхности катания колеса колесной пары подвижного состава. Внедрение новых принципов и станков для обработки и особенно реновации колесных пар в процессе эксплуатации позволит создать принципиально новый подход к организации ремонтной базы железнодорожных депо, в том числе и для скоростных поездов. Предлагаемый технологический процесс позволяет создать экологически чистую технологию реновации колесных пар, снизив при этом металлоемкость оборудования в 3 – 5 раз, практически сняв проблему дорогостоящего режущего инструмента, обрабатывая колеса с любой структурой материала без силового контакта между инструментом и деталью.

Электрохимическая обработка (ЭХО) позволяет решить, реализуя принципиально новые технологии и оборудование электрохимического формообразования поверхности катания колесных пар или при их восстановлении взамен малоэффективной колесотокарной обработки. Формирование профиля бандажа колеса происходит непосредственным копированием профиля электрода-инструмента. Обработка производится в электролите на основе водных растворов нейтральных солей (NaCl или NaNO_3), подаваемого непосредственно в зону обработки. Снятый металл осаждается в виде гидроокиси $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

При ЭХО отсутствует непосредственный силовой контакт между электродами (инструментом и обрабатываемой заготовкой). Кроме того, при ЭХО не происходит износа электрода-инструмента. Таким образом, отсутствие силового контакта между инструментом и обрабатываемой заготовкой, безызносность инструмента при ЭХО, а также независимость производительности от площади обработки выгодно характеризует эти технологические схемы. Оборудование для ЭХО позволяет повторить практически любую кинематическую схему, применяемую в традиционной механообработке [1].

Однако, при обработке больших площадей гидростатические силы между инструментом и деталью могут быть значительны. Во время работы технологическая система станка находится под действием сложной системы переменных сил.

При подаче рабочего напряжения на электроды электрохимической ячейки происходит нагрев электролита, приводящий к его вскипанию и образованию парогазовой смеси. Для обработки железнодорожного колеса расчетные данные показали, что температура газожидкостной смеси в МЭЗ может достигать до $\sim 160 - 180^{\circ}\text{C}$.

Таким образом, появление в технологической системе межэлектродного зазора приводит к погрешности обработки за счет температурного факта, а именно к появлению дополнительных упругих деформации станка, величина которые определяется. Кроме того, нагрев или перегрев электролита под действием больших плотностей технологического тока, сопровождается парообразованием и приводит к взрывообразному повышению давления в межэлектродном зазоре.

Таким образом, величина смещения электродов в зависимости от режимов обработки достигнут значительных величин. Следовательно, конструкции электрохимических станков должны иметь достаточную жесткость технологической системы, для поддержания необходимой точности обработки и требуемой чистоты обрабатываемой поверхности [2].

Суммарный изгиб несущей балки станка, таким образом, в зависимости от его конструкции для конкретных режимов обработки можно определить, например, по приведенной на Рис. 1. номограмме, где упругие деформации, а следовательно и реальная величина межэлектродного зазора, определяются режимами обработки (плотность тока) и жесткостью технологической системы конкретного станка (длина балки).

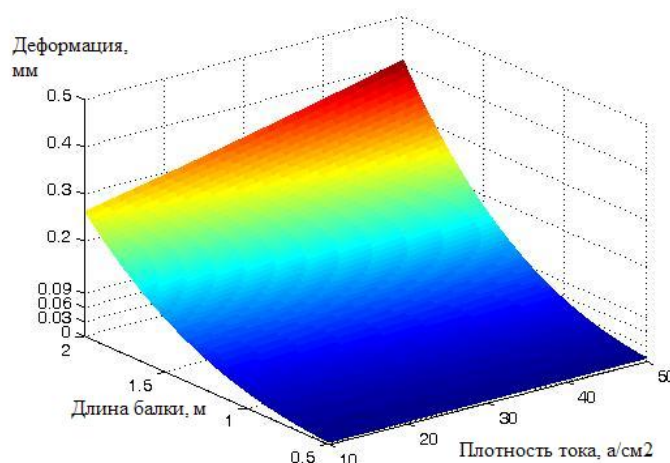


Рис. 1. Зависимость упругой деформации от плотности технологического тока и жесткости технологической системы.

Во избежание случайного короткого замыкания электродов и механических повреждений детали и станка, величину подачи катода при обработке в среде проточного электролита выбирают несколько меньшей скорости растворения металла, что соответственно снижает производительность процесса, его точность, чистоту обработки поверхности. Полностью устранить прожоги, уменьшить зазоры между электродами до величины 0,01 мм, обеспечить надлежащий обмен электролита в таких зазорах позволяет циклическая электрохимическая размерная обработка что, однако, может быть применено только к деталям определенной конфигурации и незначительной массы.

Использование циклической и импульсно-технической схем обработки значительно повышает точность обработки, но создает технически невыполнимые трудности для реализации этих технологических схем при обработке крупногабаритных деталей.

Поскольку при высоких плотностях тока (малых МЭЗ) электролит выкипает при подаче первых импульсов тока, невозможно использовать в рабочем режиме весь участок циклограммы. Как видно на рис. 2, работает только участок AB , а затем, электролит выкипает и процесс растворения металла прекращается. Для рационального использования схемы необходимо синхронизировать частоту вибрации электрода-инструмента.

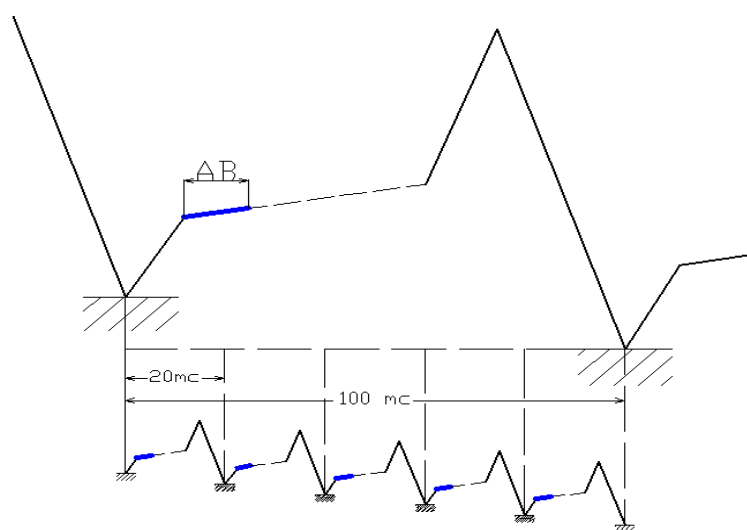


Рис. 2. Эффективность работы циклической схемы ЭХО

Как следует из рис.2, увеличение частоты вибрации электрода-инструмента (нижняя часть графика), за один и тот же период времени (100мс) позволяет рабочий участок AB многократно повторить, соответственно увеличив производительность ЭХО.

Таким образом, производительность процесса зависит от возможности технологической системы в целом обеспечить высокочастотную вибрацию тяжелой инструментальной оснастки, примерно так, как это показано на рис. 3. Поскольку вес, как самой колес-

ной пары, так и технологической оснастки до тысячи килограмм, обеспечить высокочастотную вибрацию технологической системы технически неосуществимо.



Рис. 3. Зависимость необходимой мощности привода станка от быстродействия его привода.

Расчеты напряжения и деформации станины можно вести упрощенно по формулам сопротивления материалов для балок постоянного по длине сечения без учета перегородок и ребер жесткости, переменной толщины стенок, окон, проемов и пр., Вычисленные таким образом результаты будут далеки от действительности. Они будут точнее, если для расчета заменить станину фермой упрощенной формы. Однако в том и другом случае результаты проверочных расчетов все же могут быть удовлетворительно использованы для сравнительной оценки разработанных вариантов конструкции станины. Они могут быть пригодны также для оценки порядка величины напряжений и деформаций, следовательно, прогнозировать качество обработанной поверхности, прочность и жесткость станины.

Таким образом, использование постоянного тока обеспечивает максимальную производительность обработки, а импульсного источника тока несколько снижая производительность обработки, значительно упрощает управление технологическим процессом, не допуская аварийных режимов обработки в виде коротких замыканий. в зависимости от требований к колесной паре выбирается соответствующая технологическая схемы обработки. Производительность обработки зависит только от физико-химических свойств обрабатываемого материала и электрической мощностью источника тока. При этом скорость рабочей подачи электрода–инструмента составляет от 1 до 5 мм/мин независимо от площади обработки. Другими словами, время обработки зависит от мощности источника технологического тока, конструкции электрода – инструмента, кинематики оборудования и выбранной технологической схемы обработки.

Для выявления влияния режимов ЭХО на эксплуатационные свойства колесных пар проводился металлографический анализ величин и характера распределения остаточных напряжений в поверхностном слое обработанного образца.

Исследовались образцы из стали 50Л после ЭХО на двух режимах:

- с плотностью технологического тока $20 - 25 \text{ А/см}^2$ (режим I),
- с плотностью технологического тока $50 - 60 \text{ А/см}^2$ (режим II),

Параллельно, в качестве контрольных, исследовались образцы из сплава 2101 после ЭХО по первому режиму с плотностью тока $20 - 25 \text{ А/см}^2$. Электролит во всех случаях был одинаков – 15% NaCl. Исследуемые образцы перед ЭХО были термообработаны (закалка+отпуск).

В поверхностном слое образцов после ЭХО определялись остаточные технологические напряжения первого рода, так как они в основном являются причиной коробления, разрушения изделий и изменение их эксплуатационных свойств.

Определение остаточных напряжений в поверхностном слое трех образцов стали марки 50Л после первого режима ЭХО показало, что остаточные напряжения практически отсутствуют, так как их величина – $1,3 \text{ кг/мм}^2$ находится в пределах ошибки данной методики. В поверхностном слое одного из двух исследованных образцов 50Л, обработанных по II режиму обнаружены небольшие сжимающие напряжения ($- 4 \text{ кг/мм}^2$), а в других образцах их величина находится в пределах ошибки методики измерения.

Анализ полученных результатов показал, что в исходном термообработанном состоянии образцов из стали марки 50Л были обнаружены сжимающие напряжения. Следовательно, последующая ЭХО накладывалась на образцы, уже имевшие в поверхностном слое определенную величину и характер распределения остаточных напряжений. Поэтому, значения остаточных напряжений и характер их распределения, полученные на образцах из стали 50Л после ЭХО, могли являться результатом перераспределения остаточных напряжений при снятии напряженного слоя, имевшего в образцах после термической обработки.

Наличие коррозии в поверхностном слое после ЭХО определялась на «поперечных» шлифах, которые были изготовлены перпендикулярно к поверхности, обработанной ЭХО. На образцах стали марок 50Л и сплава 2101 после ЭХО по режиму I и II наблюдается местная коррозия в виде отдельных кратеров на небольшую глубину: 10 мкм для стали 50Л и 2 – 5 мкм для сплава 2101.

Электрохимическая обработка позволяет получить уверенную повторяемость размеров и формы обрабатываемой поверхности катания железнодорожного колеса в пределах $\pm (0,06 - 0,1) \text{ мм}$, в зависимости от конфигурации колеса, что приемлемо, в том числе

и для колесных пар скоростных поездов. Поверхностный слой обработанного колеса не претерпевает никаких физико-химических изменений. При этом увеличение количества обработанных колес не требует коррекции технологического процесса обработки и никак не влияет на точность обработки.

Кинематическая схема станка при ЭХО может быть практически любой из применяемых в традиционной механообработке. Достаточно лишь подвести клеммы от источника технологического тока к обрабатываемой колесной паре и к электроду-инструменту. Одна из приемлемых кинематических схем станка приведена на рисунке.

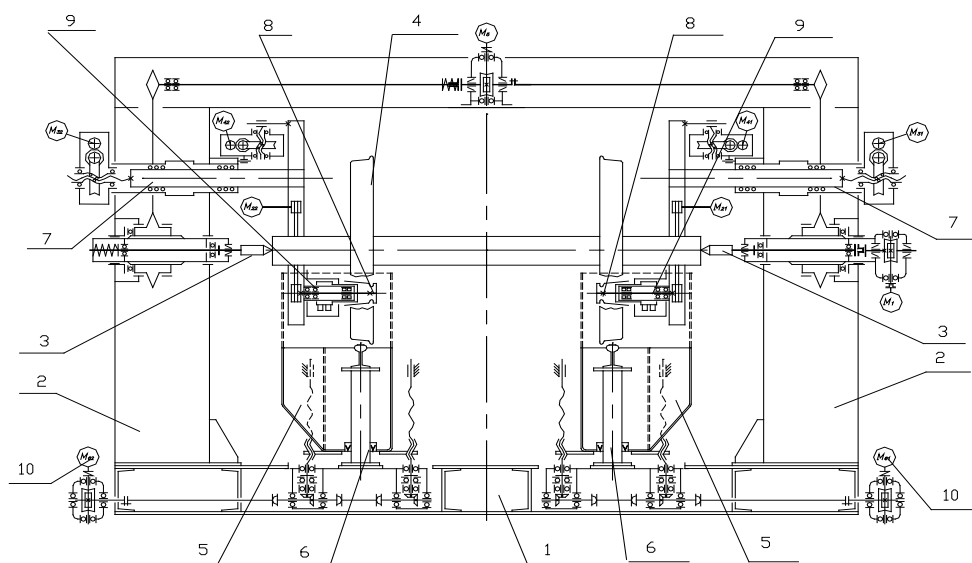


Рис.4. Кинематическая схема станка

На сварной станине 1 монтируются стойки 2, в которых установлены направляющие центра 3. Колесная пара 4, направляемая центрами 3, устанавливается в ванну 5 на силовые ролики – токоподводы 6. Инструментальная каретка 7 по программе перемещает электрод-инструмент 8 через привод 9 по траектории обработки поверхности катания колеса. Подъем ванны осуществляется отдельным силовым приводом 10.

Поскольку при ЭХО нет непосредственного контакта между электродом-инструментом и обрабатываемым изделием, силы резания значительно снижаются, и отпадает необходимость в мощных металлоемких станинах и приводах большой мощности сравнительно с колесотокарным станком аналогичного назначения. Так разработанный станок имеет общий вес 7 - 8 т., тогда как аналогичные колесотокарные станки серии КЖ весят 12 – 15 т., станки фирмы «Рафамет» (Польша) весят 25 – 50 т.

Станки для ЭХО не требуют монтажа фундамента и устанавливаются на серийно выпускаемых виброопорах, применяемых для монтажа среднеразмерных станков токарной, фрезерных групп, традиционных схем металлообработки.

Проведенная экспериментальная обработка колесной пары и дальнейшее ее ходовые испытание дали положительные результаты, показав также, и повышенную долговечность колесной пары, обработанной «нетрадиционным» способом.

Список литературы

1. Патент 2103112 Россия. Способ электрохимической обработки /Е.А.Заставный, Г.А. Толмачев. // Б.И. -2007. - № 17.
2. Нэй Мьо Тун Повышение точности электрохимической обработки крупногабаритных тел вращения: Дис. ... канд. техн. наук. – Москва. 2009. -132 с.