

УДК 621.791.9; 629.4. 027

А.Т. Канаев, А.В. Богомолов

Опытно-промышленное внедрение плазменной закалки гребней бандажа колесных пар локомотивов

(Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан)

(Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, Павлодар, Казахстан)

Показаны преимущества упрочняющей термической обработки рабочей поверхности деталей высококонцентрированным потоком энергии. Отмечается, что для продления эксплуатационного ресурса быстроизнашивающихся деталей рациональным по параметрам универсальности, доступности, экологичности и экономической эффективности является способ поверхностной термической обработки плазменной дугой. Приведена методика расчета интенсивности износа гребней бандажа упрочненных и неупрочненных колесных пар. Установлено, что фактический эксплуатационный ресурс неупрочненной колесной пары - 105 тыс. км, а для плазменно упрочненной - 250 тыс. км.

Ключевые слова: гребень бандажа, плазменная закалка, интенсивность износа, пробег локомотива, ресурс, экономическая эффективность

Проблема продления эксплуатационного ресурса тяжело нагруженных деталей является актуальной в экономическом, экологическом и ресурсосберегающем аспектах, поскольку их первичное производство и утилизация сопровождаются потреблением сырьевых и энергетических ресурсов, а также техногенным загрязнением окружающей среды. Перспективным направлением решения этой проблемы представляется упрочняющая термическая обработка рабочей поверхности концентрированным потоком энергии [1]. Образующиеся при скоростном нагреве и охлаждении структуры закалочного типа обладают высокой твердостью, износостойкостью и сопротивлением разрушению.

Широкое промышленное применение большинства известных способов упрочняющей обработки концентрированным потоком энергии (лазерной, электронно-лучевой, катодно-ионной и др.) сдерживается высокой стоимостью и сложностью оборудования, недостаточными его надежностью и производительностью, необходимостью использования вакуума, специальных помещений с особыми требованиями, потребностью в квалифицированном обслуживании, высокими эксплуатационными затратами и др. В этих условиях для продления эксплуатационного ресурса быстроизнашивающихся деталей рациональным по параметрам универсальности, доступности, экологичности и экономической эффективности является способ поверхностной термической обработки плазменной дугой. Не изменяя параметров в шероховатости поверхности, такая термообработка легко встраивается технологический процесс восстановления деталей, являясь финишной операцией, малозатратна, достаточно производительна и позволяет эффективно увеличить их эксплуатационную стойкость.

На ремонтном локомотивном депо «Защита» (г. Усть-Каменогорск) проводилась практическая реализация результатов экспериментальных исследований по плазменной закалке гребней колесных пар [2].

Режим плазменной закалки:

Сила тока, А 275

Напряжение электрической дуги, В 120

Номинальное значение мощности дуги, кВт 35

Расход защитного газа, л /мин 5

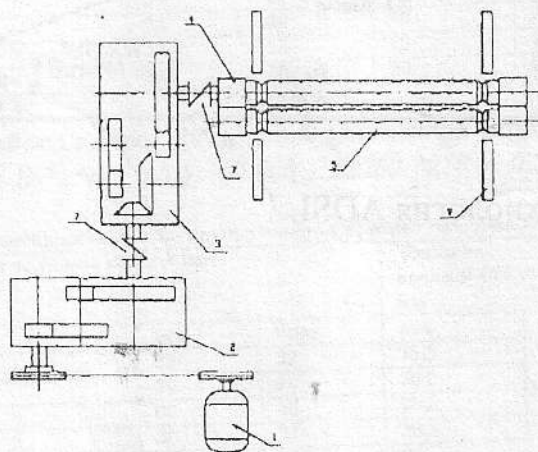
Частота вращения колесной пары, об/мин 0,143

Контроль качества упрочненного слоя на поверхности гребня на наличие трещин, пор, отслоений и др. дефектов производился внешним осмотром до и после упрочнения. Трещины и другие недопустимые дефекты при этом не обнаружены. В то же время следует отметить, что согласно технических требований (инструкция № ЦТ-ЦВ-ЦВ/538) перед и после плазменной обработки должна проводиться дефектоскопия гребня бандажа. Кроме того, в ремонтном депо параметры шероховатости поверхности гребня до плазменного упрочнения

не определяются, поскольку считается, что требования к качеству поверхности бандажей соответствует требованиям ГОСТ 3225-80, ГОСТ 11018-87.

Твердость упрочненного слоя, измеренная переносным твердомером ТЭМП-3, составляет 777 единиц, что в переводе на твердость по Роквеллу соответствует 65,2 HRC, а по Виккерсу – 852 HV. Твердость не упрочненного гребня соответственно 576 единиц или 32 HRC, 324 HV. Плазменную закалку осуществляли на специализированном участке, соответствующем двукратной длине отдельной секции локомотива. Средняя часть смотровой канавы оборудованы роликовым электромеханическим приводом вращения колесной пары, которым обеспечивалась частота ее вращения, составляющая 7,0-7,2 минуты за полный оборот колеса (рис.1).

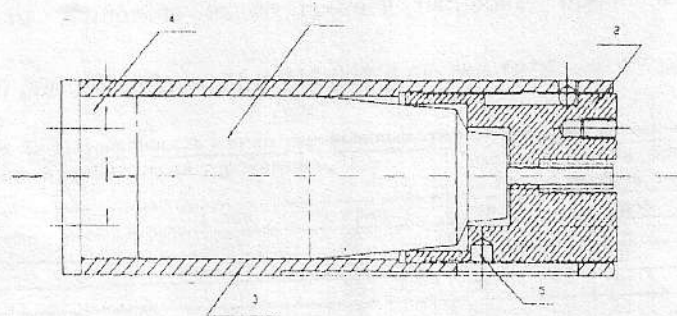
Металлографические исследования микроструктуры проводили на оптическом микроскопе фирмы Leica Microsystems при увеличении x200. Микрошлиф вырезан в поперечном направлении из сегмента и изготавливался с условием сохранения упрочненного слоя. Как отмечалось ранее, недостатком плазмотрона являлась высокая локальность нагрева им поверхности обрабатываемого изделия. Снижение локальности нагрева осуществлялось за счет наложения на доток плазмы внешнего переменного магнитного поля. При этом пятно (точка) нагрева вытягивалось в линию, следствием чего являлось снижение локальности нагрева.



1- электродвигатель; 2 - двухступенчатый цилиндрический редуктор; 3 - коническо-цилиндрический редуктор; 4-букса; 5 - ось; 6 - клиноременная передача; 7 - муфта втулочно-пальцевая; 8 - рельс

Рисунок 1. - Схема устройства для вращения колесной пары

Ширина полосы упрочнения составляла 30 мм, она была сплошной в интервале 25-35 мм. Зона упрочнения начиналась на расстоянии 10 мм от вершины гребня. Максимальная глубина зоны упрочнения составляла 2,0 мм.



1- планеторный мотор-редуктор BOSH, номинальной частотой вращения выходного вала 180 об / мин; 2- гайка суппорта; 3- корпус суппорта; 4- торцевая крышка; 5 - постоянный магнит датчиков положения

Рисунок 2.- Схема устройства суппорта

При вращении колесных пар рыбки не допускались. Кроме вращателя колесной пары, специализированный участок упрочнения скомплектован плазмотроном с электромагнитами и суппортом для перемещения плазмотрона (рис.2).

Расчет интенсивности износа гребней бандажа проводили на 10 000 км пробега упрочненных и неупрочненных колесных пар [3]. Суммарная величина износа гребней составила 45,5 мм, пробег теплового 2ТЭ10М «А» - 52 759 км. Интенсивность износа гребней бандажа колесных пар рассчитывали по известной формуле:

$$X = A \cdot 10\,000 / B \cdot 2n$$

где, A – суммарная величина износа гребней бандажа, мм

B – пробег локомотива, км

n – количество осей локомотива, $n = 6$

Таблица 1.- Интенсивность износа гребней бандажа колесных пар теплового 2ТЭ10М «А»

№	Толщина гребня перед упрочнением, мм		Толщина гребня после 52 759 км пробега, мм		Износ гребня, мм
	лев.	прав.	лев.	прав.	
1	33	33	29	29,5	7,5
2	33	33	28	29	9,0
3	33	33	30	30	6,0
4	33	33	30	29,5	6,5
5	33	33	29	28	9,0
6	33	33	29	29,5	7,5

Износ на данном тепловозе, прошедший плазменное упрочнение составляет:

$$X = A \cdot 10\,000 / B \cdot 2 \cdot n = 45,5 \cdot 10\,000 / 52\,759 \cdot 2 \cdot 6 = 0,7 \text{ мм}$$

Таблица 2.- Интенсивность износа неупрочненных гребней бандажа колесных пар теплового 2ТЭ10М «Б»

№	Начальная толщина гребня мм		Толщина гребня после 29 075 км пробега, мм		Износ гребня, мм
	лев.	прав.	лев.	прав.	
1	28	29	25,5	24	7,5
2	29	29	26,5	26,5	5,0
3	30	30	25,5	25,5	9,0
4	30	31	26,5	25,5	9,0
5	30	30	27	25,5	7,5
6	30	31	26	25,5	9,0

Суммарный износ составляет 47,5 мм, пробег локомотива 29 075 км, $n = 6$

На данном тепловозе износ гребней бандажа, не прошедших плазменное упрочнение составляет:

$$X = A \cdot 10\,000 / B \cdot 2 \cdot n = 47,5 \cdot 10\,000 / 29\,076 \cdot 2 \cdot 6 = 1,4 \text{ мм}$$

Суммарный износ составляет 34,0 мм, пробег локомотива 36 782 км, $n = 6$

На данном тепловозе износ гребней бандажа, прошедших плазменное упрочнение составляет:

$$X = A \cdot 10\,000 / B \cdot 2 \cdot n = 34,0 \cdot 10\,000 / 36\,782 \cdot 2 \cdot 6 = 0,77 \text{ мм}$$

Таблица 3.- Интенсивность износа упрочненных гребней бандажа колесных пар теплового 2ТЭ10М «Б»

№	Толщина гребня перед упрочнением, мм		Толщина гребня после 36 782 км пробега, мм		Износ гребня, мм
	лев.	прав.	лев.	прав.	
1	33	33	30	30	6
2	33	33	30	30	6
3	33	33	30	30	6
4	33	33	30	30	6
5	33	33	29,5	30,5	6
6	33	33	31	31	4

Экономический эффект определяется путем сравнения затрат на обслуживание упрочненных и неупрочненных колесных пар, а также сравнением эксплуатационных ресурсов

их работы. Для сравнительного анализа проведены эксперименты на 12 колесных парах, прошедших и не прошедших плазменное упрочнение [4,5].

Результаты экспериментов показывают, что пробег между обточками неупрочненных колесных пар составляет 10 000 – 15 000 км, в то время для упрочненных колесных пар пробег 1,7 - 2.0 раза больше и составляет от 20 000км до 25 000 км. Полный износ неупрочненных гребней бандажа колесных пар составляет 1,9 мм за 1,1 года, а для упрочненных гребней износ составляет 0,7мм за 2,6 года, Фактический эксплуатационный ресурс неупрочненной колесной пары - 105 тыс. км, а для плазменно упрочненной – 250 тыс. км.

Затраты на замену одной неупрочненной колесной пары с полным освидетельствованием составляет 656 550 тенге, затраты на плазменное упрочнение одной колесной пары – 20 065 тенге.

При применении плазменного упрочнения сокращается количество обточек бандажа колесных пар, а, следовательно, сокращается и время простоя локомотива на ТО-4. Согласно нормативных данных, время простоя локомотива в ремонте на ТО-4 составляет 2 часа без выкатки колесной пары из-под локомотива.

Таблица 4.- Экономическая эффективность плазменного упрочнения гребней бандажа колесных пар

Пробег между обточками неупрочненных колесных пар, тыс. км	Износ неупрочненных гребней бандажа колесной пары на 10 000 км пробега, мм	Максимальное количество обточек неупрочненной колесной пары, раз	Ресурс бандажа неупрочненной колесной пары, тыс. км
от 10 до 15	1,9 мм (полный износ) за 1,1 года	10	105
от 20 до 25	0,7мм (полный износ) за 2,6 года	7	250

Следует также отметить, что значительный экономический эффект от проведения плазменного упрочнения гребней бандажа произойдет в результате сокращения расходов при перетяжке бандажей колесных пар.

Как отмечалось выше, затраты на замену одной неупрочненной колесной пары с полным освидетельствованием составляет 656 550 тенге, затраты на плазменное упрочнение одной колесной пары – 20 065 тенге.

С учетом затрат по предельному износу на парк ТЧР упрочненных колесных пар $656\ 550 \cdot 240 = 157\ 572$ тыс. тенге и затрат по предельному износу на парк ТЧР неупрочненных колесных пар $(656\ 550 \cdot 240) \cdot 2,3 = 362\ 415,6$ тыс. тенге, годовой экономический эффект составляет $(362\ 415,6 - 157\ 572) : 2,6 = 78\ 786\ 000$ тенге.

Следует подчеркнуть, что опытно-промышленная реализация магнитно-плазменного упрочнения гребней бандажей проведена без нарушения безопасности движения тягового подвижного состава.

ЛИТЕРАТУРА

1 Нечаев В.П., Рязанцев А. А. Исследование, разработка, обоснование возможностей повышения надежности работы крупномодульных шестерен путем плазменного упрочнения их поверхностей. Прогрессивные технологий и системы машинобудувания. Вып. 1,2 (43), 2012, С.227-232

2 Токтанаева А.А., Канаев А.Т. Поверхностное плазменное упрочнение гребней колес тягового подвижного состава. Материалы 14-й Международной научно-практической конференции «Технология упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика, часть 2, Санкт- Петербург, 2012, С.338-343

3 Тополянский П.А., Соснин Н.А., Ермаков С.А. Финишное плазменное упрочнение - Российская нанотехнология (к 25-летию создания). Материалы 14-й Международной научно-практической конференции «Технология упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика, часть 2, С.344 – 366

4 Канаев А.Т., Бакижанова Д.С., Канаев А.А., Кусаинова К.Т. Изменение структуры и свойств бандажных колес локомотивов после поверхностного плазменного упрочнения. Материалы 15-й Международной научно-практической конференции «Технология упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика, часть 2, Санкт-Петербург, 2013, С.158-162

5 Канаев А.Т., Богомолов А.В. Плазменная технология упрочнения гребней локомотивных колесных пар. Инновации в материаловедении и металлургии. Материалы 1-й Международной интерактивной научно-практической конференции, Екатеринбург, 2011, стр.71-76

REFERENCES

1 Nechaev V.P., Ryazantsev A.A. Issledovanie, razrabotka, obosnovanie vozmozhnostei povysheniya nadezhnosti raboty krupnomodulnykh shesteren putem plazmennogo uprochneniya ix poverkhnosti. Progressivnye tekhnologii i sistemy mashinobuduvaniya. Vyp. 1,2 (43), 2012, S.227-232

2 Toktanaeva A.A., Kanayev A.T. Poverkhnostnoe plazmennoe uprochnenie grebnei koles tyagovogo podvizhnogo sostava. Materialy 14-i Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferencii «Tekhnologiya uprochneniya, naneseniya pokryti remonta: teoriya i praktika, chast 2, Sank- Peterburg, 2012, S.338-343

3 Topolyanskii P.A., Sosnin N.A., Ermakov S.A. Finishnoe plazmennoe uprochnenie – Rossiiskaya nanotekhnologiya (k 25-letiyusozdaniya). Materialy 14-i Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferencii «Tekhnologiya uprochneniya, naneseniya pokrytii I remonta: teoriya I praktika, chast 2, S.344 – 366

4 Kanayev A.T., Bakizhanova D.S., Kanayev A.A., Kusainova K.T. Izmenenie struktury I svoistv bandazhnykh koles lokomotivov posle poverkhnostnogo plazmennogo uprochneniya. Materialy 15-i Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferencii «Tekhnologiya uprochneniya, naneseniya pokrytii I remonta: teoriya i praktika, chast 2, Sank- Peterburg, 2013, S.158-162

5 Kanayev A.T., Bogomolov A.V. Plazmennaya tekhnologiya uprochneniya grebnei lokomotivnykh kolesnykh par. Innovacii v materialovedenii i metallurgii. Materialy 1-i Mezhdunarodnoi interaktivnoi nauchno-prakticheskoi konferencii, Ekaterinburg, 2011, S.71-76

Қанаев А.Т., Богомолов А.В.

Локомотив доңғалақ жұптары бандаждарының гребендерін плазмамен шынықтыруды тәжірибелік-өндірістік тұрғыда енгізу

Бөлшектердің сыртқыжұмыс қабатын жоғары концентрацияланған энергия ағынымен термиялық өңдеу арқылы беріктендірудің артықшылықтары көрсетілген. Қажалудан тез тозатын бөлшектердің эксплуатациялық ресурсын ұзартудың параметрлерінің кешенділік жағынан рационалды, қолжетімділігі, экологиялық және экономикалық тиімділігі тұрғысында ең қолайлылығы плазма доғасымен сыртқы қабаттытермиялық өңдеу тәсілі болып табылатыны атап өтілген.

Беріктендірілген және беріктендірілмеген бандаж гребендерінің қажалып тозуының интенсивтілігін есептеудің әдісі келтірілген. Беріктендірілмеген доңғалақ жұптарының нақты эксплуатациялық ресурсы 105 мың шақырымды құраса, плазмамен беріктендірілгендоңғалақ жұптарыныңэксплуатациялық ресурсы 250 мың шақырымды құрайтыны көрсетілген.

Түйін сөздер: бандаждың гребені, плазмамен шынықтыру, қажалудың интенсивтілігі, локомотивтің жүріп өткен жолы, ресурс, экономикалық тиімділік

Kanayev A.T., Bogomolov A.V.

Experimental-industrial application of plasma quenching wheel flange locomotive wheel sets

Were shown advantages of hardening heat treatment of the working surface of the parts highly concentrated flow of energy. It is noted that in order to extend the service life of wearing parts on rational parameters of universality, accessibility, environmental impact and cost-effectiveness is a method of surface heat treatment of the plasma arc. The given methodology of calculating the rate of wear of wheel flange, which are reinforced and non-reinforced wheel sets. It is established that the actual service life of unreinforced wheel set - 105 thousand km, and for plasma hardening - 250 thousand miles.

Keywords: wheel flange, plasma quenching, the rate of wear, run of the locomotive, service life, cost-effectiveness

Поступила в редакцию 26.09.13

Рекомендована к печати 21.10.13

Об авторах:

Канаев А. Т. - д. т. н., профессор кафедры Стандартизация, метрология и сертификация технического факультета Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина

Богомолов А. В. - к. т. н., доцент кафедры Металлургия и материаловедение машиностроительного факультета Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова