

УДК 629.4.027.11.004.67 :: 620.178.4

*С.В. Бондарев, С.А Гаврилов, Н.Т. Ольгард, С.А. Чебуров*

### **ИССЛЕДОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЮ УСТАЛОСТИ ОСЕЙ ВАГОНОВ ТИПОВ РУ1 И РУ1Ш КОЛЕСНЫХ ПАР ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННО- ДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ШЕЕК И ПОДСТУПИЧНЫХ ЧАСТЕЙ**

*Изложены результаты стендовых испытаний на усталость восстановленных осей вагонов типов РУ1 и РУ1Ш с рекомендуемым сроком эксплуатации восстановленных осей.*

На железнодорожном транспорте имеется несколько десятков тысяч колесных пар, оси которых отбракованы по причине наличия дефектов шеек и подступичных частей осей: это их износ, задиры, риски, наклеп на шейке.

Восстановление таких осей дает возможность повторного их использования, что может принести значительный экономический эффект.

Материалом для вагонных осей служит углеродистая сталь марки ОСВ (ГОСТ 4728-96) с содержанием углерода 0,38...0,47 %, обладающая высокой износостойкостью и контактно-усталостной прочностью.

Успешное восстановление осей колесных пар проводят в Германии, Швеции, Румынии, России и других странах.

В ИЭС им. Е.О.Патона и ПКТБ ЦВ УЗ была разработана новая технология плазменной металлизации в инертной среде [1, 2, 3].

Преимущества разработанной технологии восстановления шеек и подступичных частей осей:

- процесс плазменно-дуговой металлизации не снижает прочностных свойств восстанавливаемой детали (нагрев изделия не более 200 °С) и не влияет на их механические свойства;
- не вызывает деформации восстановленной детали;
- позволяет наносить покрытие толщиной от 0,1 до 20 мм;
- пористость не более 2...4 %;
- высокая стабильность процесса напыления (ресурс формирующего плазменную дугу сопла и катода плазмотрона не менее 100 ч машинного времени).

Дальнейшими объектами испытаний, которые проводились ГП «УкрНИИВ», являлись оси, восстановленные методом плазменно-дуговой металлизации шеек и подступичных частей.

Испытания осей на усталость проводились в соответствии с согласованной и утвержденной в установленном порядке программой и методикой ПМ 07.00307-2007 «Оси с восстановленными шейками и подступичными частями (типы РУ1 и РУ1Ш). Программа и методика испытаний на усталость», которая разработана ведущими сотрудниками ГП «УкрНИИВ», на гидропульсаторном стенде ЦДМ-200Пу.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Для настройки и контроля режима нагружения разрезанные образцы осей, перед проведением испытаний были оснащены тензорезисторами.

Схема нагружения образца оси с указанным местом расположения тензорезисторов представлена на рис. 1.

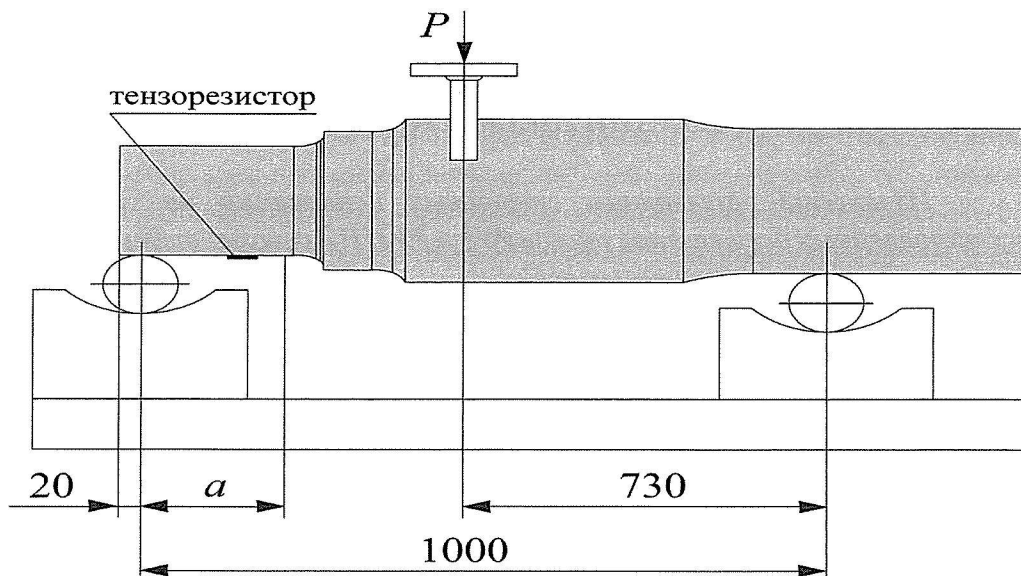


Рис. 1. Схема нагружения образца оси

$P$  – вертикальная нагрузка;  $a$  – расстояние до опасного сечения

Образец устанавливался на стенде на двух опорах. Нагрузка через специальный давяльник прикладывалась к подступичной части образца оси.

Расстояние между опорами  $L$  и место приложения нагрузки  $P$  выбирались руководствуясь возможностями испытательного оборудования и необходимостью гарантированного усталостного разрушения шейки оси в зоне галтели.

По результатам расчетов расстояние между опорами было принято 1000 мм, плечо приложения вертикальной нагрузки было принято равным 730 мм (см. рис. 1) от правой опоры, при этом вертикальная нагрузка не превышала 883 кН (90 тс).

Испытания образцов на усталость проводились методом многократного циклического нагружения при асимметричном цикле с асимметрией цикла 0,1 на разных уровнях нагрузки.

Определение усталостных трещин производилось органолептическим методом (визуально) при помощи керосиновой пробы.

Все образцы были испытаны на пяти уровнях нагружения. Из них пять образцов осей типа РУ1 – на четырех уровнях нагружения, четыре образца осей типа РУ1Ш – на трех уровнях нагружения.

Восемь образцов разрушились на галтельном переходе от шейки оси к ее предподступичной части. Один образец выдержал базовое количество ( $5 \cdot 10^6$ ) циклов нагружения без усталостных повреждений и разрушений. Характерный вид изломов разрушенных образцов осей представлен на рис. 2.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



Рис. 2. Характерный вид изломов разрушенных образцов осей

После испытаний определялись максимальные напряжения  $\sigma_{\max}$ , МПа в зоне разрушения по формуле (1):

$$\sigma_{\max} = 0,73 \cdot \frac{a \cdot P}{kW} > [\sigma_{-1}], \quad (1)$$

где  $a$  – расстояние от опоры до места излома, мм;

$k$  – коэффициент, учитывающий переход от предела выносливости при асимметричном цикле нагружения с коэффициентом асимметрии 0,1 к пределу выносливости при симметричном цикле нагружения, принимается 1,9;

$[\sigma_{-1}]$  – предел выносливости оси в зоне галтели шейки при асимметричном цикле нагружения на базе, не менее  $5 \cdot 10^6$  циклов нагружения, МПа;

$W$  – момент сопротивления шейки оси в месте излома, мм<sup>3</sup>.

Момент сопротивления шейки оси  $W$ , определяли по формуле (2):

$$W = \frac{\pi \cdot D^3}{32} \quad (2)$$

где  $D$  – диаметр шейки оси в месте излома, мм<sup>3</sup>.

Предел выносливости осей в зоне галтели шейки при симметричном цикле нагружения составил:

- для осей типа РУ1 – 167 МПа;
- для осей типа РУ1Ш – 189,5 МПа.

Учитывая небольшое количество образцов осей каждого типа для испытаний и различные года их изготовления, вероятно-статистическая обработка была проведена по результатам испытаний всех образцов. Предел выносливости при этом составил 149,5 МПа.

Для новых деталей предел выносливости в зоне галтели шейки, при симметричном цикле нагружения на базе  $5 \cdot 10^6$  циклов должна быть не ниже 195 МПа, что обеспечивает средний срок эксплуатации вагонных осей 15 лет в соответствии с требованиями ГОСТ 30237 [4].

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Предел выносливости испытанных восстановленных осей составил 0,76 от нормативного значения для новых осей. При этом средний срок эксплуатации восстановленных осей нужно уменьшить на такую же величину, т.е. до 11,4 лет, но учитывая, что оси, которые будут восстанавливаться были в эксплуатации разные сроки и имеют разные года изготовления, срок эксплуатации таких деталей рекомендуется установить в пределах 10 лет.

Определение увеличения поверхностной твердости и глубины упрочненного слоя после накатки проводились на образцах, изготовленных из шейки и подступичной части оси № 217525, которая не испытывалась на усталость, в соответствии с требованиями «Технологической инструкции по упрочнению накатыванием роликами осей колесных пар вагонов» [5] и ГОСТ 2999 [6].

Увеличение поверхностной твердости  $\Delta$  (%) после накатки осей определяли по формуле (3):

$$\Delta = \frac{H_{нов} - H_{оси}}{H_{оси}} \cdot 100, \quad (3)$$

где  $H_{нов}$  – наибольшее значение твердости, определенное на приборе Виккерса алмазной пирамидой при нагрузке 10-30 кгс;

$H_{оси}$  – исходная твердость неупрочненного металла, которая определялась на одной из перпендикулярных к поверхности оси сторон на глубине (15-20) мм.

Результаты расчета увеличения поверхностной твердости и глубины упрочненного слоя после накатки приведены в табл.1.

**Таблица 1. Результаты расчета увеличения поверхностной твердости и глубины упрочненного слоя после накатки**

Контролируемые характеристики	Единицы измерения	Нормативная документация, которая содержит значения, требования к параметру (обозначение раздела, пункта, документа)	Значение параметра	
			по документации	фактическое
1	2	3	4	5
1 Увеличение твердости после накатки в сравнении с исходной, не менее: - шейки	%	«Технологическая инструкция по упрочнению накатыванием роликами осей колесных пар вагонов» [5], ГОСТ 30237 [4]	22	24,9
- подступичной части	%		22	29,6
2 Глубина упрочненного слоя: - шейки	мм		2,6-5,2	3,2
- подступичной части	мм		3,9-7,8	4,0

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

### Выводы:

1. По результатам испытаний на усталость осей типа РУ1 и РУ1Ш колесных пар грузовых вагонов с восстановленными шейками и подступичными частями по технологии плазменно-дуговой металлизации на базе  $5 \cdot 10^6$  циклов нагружения, предел выносливости в зоне галтели шейки составил 149,5 МПа, что в 0,76 раза ниже нормативного значения – 195,0 МПа и соответствует среднему сроку эксплуатации 11,4 года.

2. Технология плазменно-дуговой металлизации шеек и подступичных частей осей колесных пар грузовых вагонов позволяет получать параметры увеличения поверхностной твердости и глубины упрочненного слоя после накатки, которые отвечают требованиям нормативной документации;

3. Учитывая, что восстанавливаться будут оси разных сроков эксплуатации, разных типов и разных годов изготовления, рекомендуется срок эксплуатации восстановленных осей установить в пределах 10 лет и разработать соответствующий нормативный документ типа СОУ МПП.

### ЛИТЕРАТУРА

1. В.П. Казьмин, М.М.Берзин, Е.С.Куминов, М.А.Бульканова, А.Н.Филиппов. Восстановление шеек осей колесных пар напылением. ж. Россия. Железнодорожный транспорт, 2002 г., № 1, с. 46-49
2. Технологическая инструкция ИЗ2-ВНИИЖТ 0501/6-95
3. В.П. Казьмин, А.Н. Пурехов. Восстановление шеек осей вагонных колесных пар электродуговой металлизацией напылением, с. 46, Россия. Железнодорожный вестник ВНИИЖТ, № 1, 2002 г.
4. ГОСТ 30237-96 Оси чистовые для подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм. Технические условия.
5. Технологическая инструкция. ТИ 32 ЦВ ВНИИЖТ-86 «Технологическая инструкция по упрочнению накатыванием роликами осей колесных пар вагонов».-М.: Транспорт, вводится с 01.07.87.
6. ГОСТ 2999-75 (СТ СЭВ 470-77) „Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу”