

груз оказывают влияние как внешние нагрузки, такие как удары, вибрации, температура, так и показатели самого объекта транспортирования.

Специфика транспортируемого груза привела к применению контейнеров с защитой от вибраций и ударов, содержащих так называемую систему вторичного подрессоривания, а именно подвеску, составляющую комбинацию упругих и демпфирующих элементов, расположенных между транспортируемым объектом и основанием транспортного средства. Исправная подвеска обеспечивает требуемую защиту от вибраций и ударов, плавность хода. При неисправной подвеске ухудшается сохранность груза. Существуют методы и средства диагностики отдельных узлов подвески, которые диагностируют лишь на стационарных специализированных стендах. Например, такие методы, как диагностика демонтированных амортизаторов на стенде, где к амортизатору прикладывают силу, меняющуюся по сиусоидальному закону, записывают графическую зависимость силы сопротивления от перемещения, получают характеристику амортизатора.

Целью настоящей работы является диагностика технического состояния подвески контейнера для транспортировки хрупких и живых объектов без ее разбора, т.е. определение работоспособности, выбор критериев ее оценки, разработку метода определения контролируемых параметров.

Средства измерения: виброизмерительные датчики ДН-3, виброметр ВШВ-003, балластные грузы, линейка, фиксирующие устройства.

Объект исследования: контейнер для транспортировки хрупких и живых объектов, содержащий полки для размещения транспортируемых хрупких грузов; подвеску, которая включает в себя демпферы вязкого трения, демпферы сухого трения, параллелограммный механизм. Для перемещения контейнер обеспечен колесами.

Средства испытания: СИТ (станция испытательная транспортирования)

Порядок выполнения работы:

- 1) визуально осмотрели детали в сопряжении подвески;
- 2) определили упругие свойства подвески (в статическом состоянии);
- 3) зафиксировали диаграмму колебаний (вынужденных и свободных);
- 4) по результатам измерения отклика системы построили резонансную кривую.

Таким образом, сравнивая параметры колебаний подрессоренных и неподрессоренных масс с эталонными сделали вывод о техническом состоянии подвески.

УДК 621.81:621.192

**С.П. Руденко, В.Д. Василенок**

## **ПОВЫШЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ТРАМВАЙНЫХ ОСЕЙ**

*Белорусский национальный технический университет  
Института механики и надежности машин НАН Беларуси  
Минск, Беларусь*

УП «Минскгорэлектротранс» для проведения исследований были представлены образцы осей трамвайного вагона. Работа выполнялась с целью установления причин разрушения оси и разработки рекомендаций по повышению их срока службы. Решались следующие задачи: выполнить анализ технической документации; провести металлографический анализ образцов осей, включающий: фрактографический анализ поверхности излома оси отечественного производства; макро- и микроисследования;

определение структурных составляющих и химического состава материала образцов осей.

Для проведения микроисследования были изготовлены микрошлифы на образцах, вырезанных из осей. Просмотр микрошлифов производился на металлографическом микроскопе МИМ-8 при увеличениях 100, 400, 1000 до и после травления в 4% спиртовом растворе азотной кислоты.

Химический состав материала определялся методом спектрального анализа на приборе "Спектролаб".

1. В результате анализа технической документации: Согласно техническим требованиям чертежа № 8.10.001 ось должна подвергаться накатке согласно ГОСТ 4008-72. Однако, судя по виду и качеству поверхности галтели упрочнения накаткой при изготовлении оси, не производилось.

2. Результаты фрактографического анализа поверхности излома оси отечественного производства (образец №1).

-поломка оси произошла по всему сечению в поперечном направлении по месту сопряжения сечений двух различных диаметров  $\varnothing 110$  и  $\varnothing 125$  мм (галтели).

-вид излома свидетельствует об усталостном характере разрушения для случая циклического нагружения с кручением и изгибом. Поверхность излома неоднородная, с наличием зон усталостной

поломки (рисунок 1), в изломе четко наблюдаются следующие области:

- зона начала разрушения – расположена возле поверхности галтели с несколькими очагами образования трещин в виде рубцов и ступенек;

- область постепенного разрушения, занимающая большую часть поверхности излома, излом в этой зоне "волоконистый", вязкого типа, притерт до блеска, со следами пластической деформации в виде полудуговых линий, ориентированных вдоль окружности и повреждений от механических воздействий.

- зона долома - это небольшой участок, смещенный на некотором расстоянии от центра оси, грубозернистого строения.

-поверхность галтели шероховатая, "волнистая" с грубыми следами "ямок" и рисок, образовавшихся при механической обработке: на одной третьей длины галтели грубые риски ориентированы вдоль окружности, на остальной части - винтообразные углубления с шероховатым дном типа "елочных надиров".

Результаты макро- и микроисследования образцов осей

Микроструктура образца оси импортного производства однородная представляет собой мелкопластинчатый перлит в соответствии с рисунком 3.

Микроструктура стали оси отечественного производства - неоднородная, состоит из крупнопластинчатого перлита и феррита. Распределение структурных составляющих в объеме металла полосчатое, в виде перлитных и ферритных строчек. Наличие полосчатости способствует понижению пластичности стали и обуславливает неоднородность свойств по сечению детали, а также различие усталостной изгибной прочности в продольном и поперечном сечениях детали.

. Твердость образцов осей различна и составляет 229 НВ для оси импортного производства и 170-174 НВ для осей отечественного производства. При измерении микротвердости оси отечественного производства выявлено значительное колебание твердости по сечению на полосках основных структурных составляющих: от 128 – 153 НВ по ферритным строчкам и до 186 – 200 НВ на полосках с перлитной структурой. Разность между фактическими значениями микротвердости составляет 47 – 58 единиц

Результаты определения химического состава осей

Результаты спектрального анализа материалов осей показывают, что оси изготовлены из различных марок сталей. Ось отечественного производства изготовлена из стали марки ОсЛ ГОСТ 4728-96. Материал оси импортного производства соответствует отечественной легированной конструкционной стали марки 30ХМ ГОСТ 4543-71.

Основные механические характеристики данных марок сталей приведены в табл.

Таблица

Марка стали	Механические свойства	
	Предел прочности $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> )	Ударная вязкость $a_n$ , МДж/м <sup>2</sup> (кгс·м/см <sup>2</sup> )
ОсЛ	580 – 650 (59 – 66)	0,35 – 0,5 (3,5 – 5,0)
30ХМ	930 (95)	0,78 (8,0)

Как видно из табл. для стали 30ХМ предел прочности на 30-38 %, а ударная вязкость на 40-60% превышают соответствующие значения для стали ОсЛ.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что причинами разрушения оси отечественного производства являются:

Структурная неоднородность материала оси, проявляющаяся в полосчатом строении в продольном направлении и состоящая из полосок крупногольчатого перлита с микротвердостью 186-200HV и полосок феррита с микротвердостью 128-153 HV. Указанная полосчатость способствует снижению как пластических свойств, так и усталостной изгибной прочности стали. При циклическом нагружении изгибом в наиболее нагруженных поверхностных слоях, откуда начинается разрушение, усталостная трещина зарождается в плоскостях легкого скольжения феррита. Дальнейшее развитие трещины происходит вдоль перлитных пластин и приводит к усталостному разрушению детали.

#### Заключение

1. Проведены металлографические исследования образцов осей отечественного и импортного производства для трамвайных вагонов. Установлено, что причиной преждевременного разрушения оси отечественного изготовления является усталость металла. Понижению прочностных свойств металла и образованию усталостных трещин способствовали неоднородность микроструктурного строения стали (наличие полосчатости), отсутствие поверхностного упрочнения на галтели в зоне поломки, наличие концентраторов напряжений в виде грубых рисок и надиров на поверхности в зоне поломки.

2. Качество поверхности исследованной оси отечественного производства не соответствует требованиям п.1.6 и п. 1.8 ГОСТ 6144-90 из-за отсутствия упрочнения накаткой на галтели и наличия грубых рисок на поверхности галтели.

3. Выполнен анализ химического состава материала осей. Установлено, что ось импортного производства изготовлена из легированной конструкционной стали марки типа 30ХМ, имеющей более высокие прочностные свойства по сравнению с углеродистой сталью ОсЛ, из которой изготовлена ось отечественного производства (для стали 30ХМ предел прочности на 30-38%, а ударная вязкость на 40-60% превышают соответствующие значения для стали ОсЛ).