

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНТРОЛЯ СБОРКИ-СОЕДИНЕНИЙ БУКСОВЫХ ПОДШИПНИКОВ С ОСЯМИ КОЛЕСНЫХ ПАР ВАГОНОВ**

*Белорусский государственный университет транспорта  
Гомель, Беларусь*

Ремонт железнодорожного подвижного состава по фактическому техническому состоянию предусматривает проведение ремонтных работ после наработки установленных нормативов, при этом условия значительная часть вагонов будет находиться в эксплуатации между предусмотренными ремонтами больше времени, чем при планово-предупредительной системе. Поэтому, наряду с улучшением качества выполняемых ремонтов, необходимо повышение уровня технического диагностирования вагонов, всемерное совершенствование контроля сборочных единиц вагонных конструкций. Проведенные патентные исследования и обзор передового опыта эксплуатации подвижного состава железных дорог показывают возможные пути развития существующих и создания новых средств контроля и технического диагностирования для предотвращения отказов вагонов, последствием которых могут стать крушения, аварии и браки в эксплуатационной работе. На железных дорогах мира широко распространены устройства контроля перегрева буксовых узлов колесных пар; действуют системы комплексного анализа уровня безопасности вагонов, в которых особое внимание уделяется выявлению грения буксовых узлов, широко распространены устройства контроля с обработкой данных на ЭВМ, создаются комплексные системы технического диагностирования; разработана принципиально новая система, включающая современную диагностику и информационную технологию с программным обеспечением для анализа и идентификации возможных неисправностей подвижного состава с выдачей решений по замене отдельных узлов и деталей.

Наряду с изложенным требуется всемерное улучшение систем контроля и диагностики ответственных сборочных единиц подвижного состава при изготовлении последнего и в ремонтном производстве, что позволит исключить отказы вагонов в эксплуатации из-за не выявленных своевременно (на стадиях изготовления и сборки, а также при ремонте) дефектов. Анализ неисправностей подвижного состава, вызвавших крушения и аварии [1], показывает, что по колесным парам грузовых вагонов наиболее частыми причинами являются изломы шеек, которые, в основном, связаны с перегревом

буксового узла, и изломы колес. Во многих случаях причинами недопустимого нагрева букс и излома шеек осей колесных пар вагонов в эксплуатации являются проворачивание и разрыв внутренних колец роликовых буксовых подшипников. Ослабление поперечно-прессовой посадки внутренних колец буксовых подшипников и разрыв последних при эксплуатационных нагрузках исключаются в случае осуществления эффективного выходного контроля в технологическом процессе тепловой сборки соединений «кольцо подшипника — шейка оси» с гарантированным натягом. Вопросы повышения эффективности пооперационного контроля и уровня технического диагностирования роликовых буксовых узлов колесных пар для предупреждения неисправностей, обуславливающих нагрев шеек осей последних при эксплуатации грузовых и пассажирских вагонов, являются актуальными.

Контроль качества сборки роликовых подшипников с шейками осей как составная часть технологического процесса содержания колесных пар представляет достаточно сложную, важную для железнодорожного транспорта научно-техническую задачу. Осуществление указанного технологического мероприятия, прежде всего, касается повышения работоспособности буксовых узлов роликовых колесных пар, долговечности осей и их прессовых соединений. Применяемый до настоящего времени на транспорте способ контроля прочности тепловой напрессовки колец буксовых подшипников (проверка посадки внутренних колец вращением их на шейках осей при помощи ручного приспособления) слишком субъективен, так как зависит от многих внешних и внутренних факторов, влияние которых достаточно сложно оценить и проконтролировать. Однако он является распространенным, так как в вагоноремонтном производстве и в вагоностроении не внедряются альтернативные способы эффективного выходного контроля поперечно-прессовых соединений теплового формирования на прочность сопряжения колец подшипников с шейками осей колесных пар; до настоящего времени не существует достаточно точной методики определения и оценки фактического натяга в сформированных тепловых напрессовках.

При сборке продольно и поперечно прессовых соединений с гарантированным натягом на распределение упругих деформаций кольца подшипника на шейке оси от натяга посадки существенное влияние оказывают такие факторы как макрогеометрия деталей, шероховатость контактных поверхностей, которые искажают величину фактического натяга в сопряжении. Из-за дискретности контакта поверхностей деталей действительные величины удельного давления на отдельных участках посадки с гарантированным натягом могут отличаться. Основным недостатком цилиндрических поперечно и продольно прессовых соединений является недопустимость даже однократной

их перегрузки, приводящей к относительному аксиальному сдвигу и проворачиванию соединенных деталей. При осевой или окружной нагрузках, превышающих усилие первоначального сдвига конкретного соединения с гарантированным натягом, происходят микроперемещения поверхностей сопряжения по площадкам их фактического контакта, что ослабляет посадку. Если даже не происходит проворот или сдвиг кольца подшипника на шейке оси при ослаблении натяга в соединении из-за большей свободы относительных микроперемещений сопряженных деталей, отмечается повышение активности процессов фреттинг-коррозии в зоне контакта, при этом износ материала имеет параболическую зависимость от удельной нагрузки в зоне сопряжения деталей. Изнашивание поверхностей контакта увеличивается пропорционально возрастанию амплитуды колебаний. При больших амплитудах микроперемещений помимо фреттинг-коррозии происходит обычный механический износ поверхностей контакта. Повреждения на шейках осей от воздействия фреттинг-коррозии вызывают мелкие трещины усталости даже при небольших напряжениях в зоне тепловой напрессовки.

Назревая необходимость решения рассматриваемого вопроса подталкивает к разработке новых рациональных методов достоверной оценки тепловых напрессовок. Внедрение таких методов связано с разработкой соответствующих измерительных устройств с большим количеством тарировочных экспериментов, созданием достаточно точной и удобной для производственных условий аппаратуры. В Белорусском государственном университете транспорта разрабатывается новая эффективная технология оценки исходной прочности тепловой напрессовки деталей, основанная на использовании метода неразрушающего контроля напряженного состояния кольца подшипника от натяга в соединении путем тензометрирования. Отраслевой лабораторией «ТТОРЕПС» БелГУТа проводятся экспериментальные исследования предложенного способа контроля (заявка № 20010261 на патент РБ). Объектом лабораторных испытаний является опытный образец измерительного устройства, используемого при напрессовке типовых однобортовых и безбортовых внутренних колец роликовых буксовых подшипников на шейки оси колесной пары РУ-1. При исследовании был использован экспериментально-теоретический метод для определения контактного давления [2] в тепловых напрессовках внутренних колец роликовых буксовых подшипников. Проведенные испытания на образцах показали, что величины фактического удельного давления в сформированных соединениях, определенные расчетно-экспериментальным методом согласно принятой методике экспериментального исследования, отличаются на 12–18 % от значений, полученных при определении контактного давления по теоретическим зависимостям. При этом

в диапазоне средних натягов наблюдается удовлетворительное совпадение расчетных значений с фактическими показателями качества тепловой сборки поперечно-прессовых соединений. Результаты проведенных экспериментов качественно согласуются с данными ВНИТИ [2] по исследованиям прочности соединений с гарантированным натягом, в которых использовался расчетно-экспериментальный метод определения напряжений охватывающих деталей цилиндрических и конических сопряжений.

В основу проведения исследований по предложенному способу осуществления выходного контроля тепловых напрессовок заложен принцип оценки прочности получаемых соединений с натягом с использованием замеров нормальных растягивающих напряжений на наружной поверхности чувствительного элемента измерительного устройства, устанавливаемого concentрично относительно контролируемого кольца подшипника и охватывающего последнее на всех стадиях осуществления сборки поперечно-прессового соединения. Проведенные патентно-информационные исследования в области совершенствования процессов контроля в механосборочном производстве и при испытаниях металлоконструкций показали полезность и новизну предложенного технического решения по заявке на изобретение «Способ контроля исходной прочности тепловой напрессовки кольца подшипника на шейке оси колесной пары и устройство для его осуществления». Признано изобретением по классу МПК<sup>7</sup> В 23 Р 11/02, G 01 L 1/22 «Устройство для контроля прочности напрессовки на шейку оси кольца подшипника при тепловой сборке (заявка № 2002108473/02, решение о выдаче патента РФ на изобретение от 10.07.2003).

Следует отметить, что при проведении лабораторных испытаний не производилась проверка сравнительной прочности экспериментальных соединений, так как постановка указанного вопроса целесообразна при решении специальной задачи о влиянии различных факторов на действительную несущую способность соединений. При выполнении экспериментальных напрессовок по замеренным окружным напряжениям на цилиндрической поверхности чувствительного элемента измерительного устройства определялись путем пересчета по известным теоретическим зависимостям из теории упругости фактическое контактное давление  $p_k$  в зоне сопряжения кольца подшипника с шейкой оси и величина полученного натяга в соединении на основе получаемого из классического решения для соединенных с натягом толстостенных цилиндров соотношения  $p_k = f(\sigma)$  и сравнивались с эталонными значениями по минимально допустимым значениям прочности данного сопряжения. При этом указанные напряжения определялись тензометрическим способом и усреднялись по количеству точек измерений и количеству опы-

тов. Усредненные окружные напряжения на внешней поверхности тензометрического элемента измерительного устройства (различных конструкций, например, по заявкам №№ 20010261, 20010618, 2002108487) использовались для оценки удельного давления в зоне контакта соединяемых с натягом деталей и определения фактической величины последнего в сформированном тепловом поперечно-прессовом соединении. Исходными теоретическими зависимостями, используемыми в данной работе для определения расчетных напряжений, являются соотношения, вытекающие из решения Ляме-Гадолина для толстостенных цилиндров одинаковой длины, сопряженных с натягом. В случае, когда отсутствует наружное давление для цилиндра с внутренним равномерно распределенным по его окружности давлением  $p_2$  (контактное давление на внутренней поверхности цилиндрического полого тензоэлемента измерительного устройства) нормальные напряжения растяжения на поверхности определяются  $(\sigma_r)_{r=r_2} = 2 k^2 p_2 / (1 - k^2)$ , где  $k = r_1 / r_2$  — внутренний и наружный радиусы тензоэлемента. Для опытного образца измерительного устройства с принятыми размерами получаем из указанного соотношения  $p_2 = 0,2234 \sigma_r$ . Нормальные напряжения на наружной поверхности контролируемого кольца подшипника от воздействия упомянутого давления  $p_2$  и контактного давления  $p_1$  в зоне сопряжения, исходя из решения Ляме-Гадолина, составят  $\sigma_r^* = 4,1911 (p_1 - 1,2386 p_2)$  и соответственно  $p_1 = 2,5472 p_2 = 0,569 \sigma_r$ . Учитывая, что натяг посадки весьма мал по сравнению с диаметром  $d$  поверхности контакта, можно принять  $d_o = d_{\text{ш}} = d$  (диаметры отверстия кольца подшипника и шейки оси примерно равны диаметру сопряжения этих деталей). Используя известную зависимость для определения контактного давления в сопряжении по заданной величине натяга соединения, получаем достаточно простую для применения расчетную формулу нахождения фактического натяга в сопряжении при помощи измерительного устройства  $\delta = d_{\text{ш}}^2 m_k \sigma_r E^{-1}$ , где  $m_k$  — величина постоянная при заданных диаметрах сопряжения и наружной поверхности (дорожки качения) контролируемого кольца подшипника.

По усредненным значениям напряжений на поверхности тензоэлемента измерительного устройства аналитическим методом устанавливаются величины удельного давления и натяга и выводятся на печатающее устройство. Полученные экспериментально-расчетные данные сравниваются с эталонными минимально допустимыми значениями по требуемой прочности сопряжений с установленными натягами. Обеспечивается выполнение контроля прочности полученного теплового соединения по фактической величине натяга посадки и первичного традиционно применяемого косвенного контроля по замерам диаметров посадочных поверхностей соединяемых дета-

лей. В этом заключается отличительная особенность описанного способа контроля тепловых напрессовок деталей. При использовании в структурной схеме средств технической диагностики вычислительных машин обработанные результаты с ЭВМ передаются на цифropечатающее устройство для визуального контроля и на логический блок сравнения, сопоставляющий по заданному критерию диагностический сигнал с нормированным значением, хранимым в запоминающем устройстве. Достижимое повышение достоверности оценки величин действительного натяга в сопряжениях колец подшипников с шейками осей на завершаемом этапе технологического процесса тепловой сборки соединений позволяет повысить уровень надежности ходовых частей подвижного состава рельсового транспорта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сендеров Г. К., Зыков Ю. В., Глушко М. И. и др. Развитие средств автоматизации контроля и технического диагностирования грузовых вагонов в эксплуатации // Ж.-д. транспорт. Сер. Вагоны и вагонное хоз-во. Ремонт вагонов ОИ / ЦНИИ ТЭИ МПС, 2000. — Вып. 2.
2. Гречищев Е. С., Ильяшенко А. А. Соединения с натягом: Расчеты, проектирование, изготовление. — М.: Машиностроение, 1981. — 247 с.

УДК 621.787

**В.И. Серебряков**

### **ПОВЫШЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ФРЕТТИНГ-УСТАЛОСТИ ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ С ОТВЕРСТИЯМИ**

*Зеленогурский университет  
Зелена Гура, Польша*

Явление фреттинг-усталости, которое возникает в местах поверхностного контактирования узлов и соединений в процессе относительных микроперемещений при постоянных статических и динамических нагрузках, значительно снижает усталостную прочность деталей машин [1]. Степень сопротивления поверхностей деталей машин фреттинг-усталости зависит от условий трения контактирующих поверхностей, а также от способности воспринимать эксплуатационные статические и динамические нагрузки определенным материалом, из которого они изготовлены. Особенно чувствительны к условиям фреттинга материалы с высоким коэффициентом трения (на-