

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СБОРКИ СОЕДИНЕНИЙ С ГАРАНТИРОВАННЫМ НАТЯГОМ КОЛЕСНЫХ ПАР ВАГОНОВ

*Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь*

Решение актуальной проблемы повышения эксплуатационной надежности железнодорожных транспортных средств требует совершенствования не только конструкции, но и сборки ответственных узлов вагонов, повышения технического ресурса сборочных единиц за счет улучшения технологии ремонта. Одним из направлений в выполнении указанной задачи является обеспечение сохранности микропрофиля поверхностей контакта подступичных частей осей и ступиц цельнокатаных колёс при сборке-демонтаже соединений с натягом колесных пар вагонов. Целесообразным представляется освоение маслосъёма неисправных цельнокатаных колес с осей при нагнетании минерального масла (РЖ) с торца охватывающей детали демонтируемого продольно-прессового соединения, что позволяет не только избежать задиров поверхностей контакта, но и производить повторное формирование соединений колес со старогодней осью с минимальными затратами на механическую обработку посадочных поверхностей при подготовке последней к сборке. Маслосъём не только сохраняет поверхности контакта соединённых с гарантированным натягом деталей, но и несколько улучшает микрогеометрию последних.

Разработанные в БелГУТе гидрофицированные навесные устройства и дополнительные гидроголовки высокого давления к применяемому прессовому оборудованию (а.с. 1388255, 1606305, 1636173, 1685657, 1722768, 1770112, 1810269, 1803302, 1827393) позволяют в несколько раз снизить потребное усилие сдвига при выпрессовке осей, сохранить поверхности последних от механических повреждений и разгрузить несущие элементы применяемого в ремонтном производстве оборудования. Практически ось колесной пары удерживается от относительного продольного смещения до того момента, пока давление РЖ по всей длине посадки не превысит контактное сжатие, вызываемое фактическим натягом в соединении, и не образуется расклинивающая масляная прослойка в зоне сопряжения деталей, уменьшающаяся по толщине от места торцового подвода масла в сопряжение до противоположного торца ступицы колеса. Для определения давления нагнетания РЖ с торца сопряжения, необходимого для реализации расклинивающего эффекта масляной прослойки в наиболее удаленной (по глубине проникновения последней) точке контакта деталей, позволяющего уравновесить удельное давление в соединении деталей с гарантированным натягом проведено теоретическое обоснование распределения

высокого давления РЖ в деформируемом клиновом зазоре по длине посадки. На основании гидродинамического расчёта движения вязкой несжимаемой жидкости в кольцевом монтажном зазоре, образованном в зоне контакта соосных цилиндрических поверхностей, получена пригодная для практического применения теоретическая зависимость из условия распределения давления РЖ в деформируемом кольцевом зазоре по длине посадки по определению потребной величины давления торцового нагнетания рабочей жидкости (минерального масла) в зону сопряжения деталей соединения с гарантированным натягом

$$P_{mi} = k_k (1 - b_0) l_p p_k (\Delta l)^{-0,25},$$

где p_k - контактное давление в сопряжении деталей по Гадолину-Ляме; k_k, b_0 - коэффициенты, учитывающие отклонения в макрогеометрии сопряженных деталей;

l_p - расчетная длина сопряжения в зоне гидрораспора по длине посадки деталей с гарантированным натягом, $l_p = l_0^{0,25}$;

l_0 - полная длина контакта охватывающей и охватываемой деталей;

$\Delta l = l_0 - l_z$ - длина контакта деталей соединения, на которой не реализуется расклинивающий эффект от гидрораспора создаваемым масляным клином, т. е. при отсутствии деформируемого давлением нагнетаемого масла зазора [$H(p=0)$].

Используемый в зарубежной практике гидросъем колес с осей при подаче РЖ через радиальное сверление в ступице колеса с одновременным приложением продольного сдвигающего усилия дает значительный технико-экономический эффект. При использовании предлагаемого торцового нагнетания РЖ в сопряжение повышается эффективность применения технологии гидропрессовых работ при демонтаже (формировании) коленных пар подвижного состава рельсового транспорта.

При относительном сдвиге осей и колес под нагрузкой в эксплуатации процессы трения в зоне их контакта (определяющие в конечном итоге прочность полученного соединения на сдвиг и проворачивание) во многом зависят от состояния поверхностей контакта сопряженных деталей, которое они приобретают в процессе сборки. Поэтому в указанном направлении сохранения исходного микропрофиля поверхностей контакта колес и осей колесных пар при их формировании кроется существенный резерв повышения прочности сопряжения элементов и усталостной прочности осей. При существующей технологии формирования колесных пар напрессовка колес на оси производится в условиях, при которых пленка смазки на поверхности контакта деталей при их относительном продольном смещении прорывается и на посадочных поверхно-

стях при частичном металлическом их контакте наблюдаются риски, значительные пластические деформации и задиры. В условиях истирания (сталь-по-стали) износ деталей в соединениях происходит со схватыванием трущихся поверхностей и образованием площадок молекулярного схватывания при отсутствии смазки, невысокой скорости скольжения и удельном давлении, превышающем предел текучести материала. Этим объясняется возникновение колебаний давления при запрессовке колесной пары. Такой вид брака при механической запрессовке колесных пар вагонов достаточно известен в производстве. Оптимальная сила запрессовки преодолевает молекулярные силы, возникающие при разрыве масляной пленки на площадках схватывания при трении (наблюдаются толчки давления на индикаторной диаграмме механической запрессовки). Толщина слоя смазки должна быть соизмерима с высотой микронеровностей на сопрягаемых поверхностях. Норму наносимой смазки на контактирующие поверхности соединяемых с натягом деталей крайне трудно регламентировать. Предложено техническое решение по новой конструкции устройства, применение которого при механической запрессовке колесных пар на существующем прессовом оборудовании обеспечивает достаточное и равномерное поступление жидкой смазки в сопряжение. Аналогов предложенному техническому решению в практике ближнего и дальнего зарубежья по проведенному патентно-информационному исследованию не установлено.

В данном направлении целесообразно дальнейшее проведение работ для возможной реализации эффективной гидропрессовой сборки колесных пар вагонов с торцовой подачей масла высокого давления в зону сопряжения. Кроме того, замена масла жидкотекучими полимерными композициями позволяет значительно увеличить исходную прочность получаемых соединений (повышение коэффициента трения при сдвиге и кручении) и усталостную прочность осей в зонах напрессовок (снижения активности процессов фреттинг-коррозии на поверхности контакта сопряженных с гарантированным натягом деталей).

Проводятся дальнейшие разработки, направленные на совершенствование гидравлической запрессовки соединений осей и колес по разработанному в БелГУТе способу формирования продольно-прессовых соединений (а.с. №258835) с использованием торцовой подачи масла высокого давления в зону контакта сопрягаемых деталей. Это представляется одним из предпочтительных направлений в решении проблемы повышения технического ресурса колесных пар железнодорожного подвижного состава за счет улучшения сборки соединений с гарантированным натягом колес с осями. В этом случае, наряду с повышением исходной прочности сопряжения получаемых гидропрессовых соединений по сравнению с механическими запрессовками, обеспечивается возможность получения исходного контрольного документа, аналогичного применяемой индикаторной диаграмме механической запрессовки колесных пар вагонов. Указанная позитивная возможность разработанного в БелГУТе способа гидропрессовой сборки с торцовой подачей жидкой смазки высокого давления

в зону сопряжения деталей с натягом по а.с. 258835 выгодно отличает гидропрессовые посадки от сопряжений тепловой сборки и соединений, осуществляемых с использованием охлаждения («глубокий холод») охватываемой детали поперечно-прессовой посадки. Вместе с тем может быть использовано существующее прессовое оборудование вагоностроительных и вагоноремонтных предприятий, применяемое для формирования колесных пар, с использованием навесных модулей в виде гидроцилиндров высокого давления.

Актуальную для железнодорожного транспорта и достаточно сложную научно-техническую задачу представляет осуществление активного выходного контроля и оценка качества сборки по прочности сопряжения соединяемых с гарантированным натягом деталей при их тепловой сборке. В мировой практике используется косвенный способ оценки прочности полученного сопряжения по величине замеряемого перед сборкой натяга формируемого соединения, известны разработки по контролю прочности сопряжения соединений с гарантированным натягом с использованием ультразвуковых колебаний. Применяемый до настоящего времени на транспорте способ контроля прочности поперечно-прессовой тепловой напрессовки колец буксовых роликовых подшипников слишком субъективен, так как зависит от многих факторов, влияние которых достаточно сложно оценить и проконтролировать. Не обеспечивается требуемый уровень надежности колесных пар из-за отсутствия эффективного выходного контроля получаемых сопряжений с гарантированным натягом. Вместе с тем контроль качества сборки внутренних колец роликовых подшипников буксовых узлов с шейками осей колесных пар вагонов рассматривается как составная часть технологического процесса содержания последних в эксплуатации и должен гарантировать безопасность движения на железнодорожном транспорте.

В ОНИЛ «ТТОРЕПС» БелГУТа разработан новый способ выходного контроля посадок теплового формирования, признанный изобретением (заявка №20010261), который основан на определении остаточных окружных растягивающих напряжений на наружной поверхности напрессованного на шейку оси внутреннего кольца роликового буксового подшипника. Данные напряжения обуславливаются величиной фактического натяга в сопряжении с учетом влияния погрешностей макрогеометрии деталей, достоверности косвенного контроля, температуры и позволяют с достаточной точностью оценить величину созданного удельного давления в зоне контакта соединенных между собой деталей путем тепловой поперечно-прессовой сборки. Получены патент RU 2228830 Российской Федерации на изобретение «Устройство для контроля прочности напрессовки на шейку оси кольца подшипника при тепловой сборке», патент BY 1587 Республики Беларусь, на полезную модель по устройству контроля, патент BY 1656 на полезную модель устройства для контроля тепловой напрессовки. Результаты проведенных испытаний опытных образцов устройств контроля прочности напрессовок вполне удовлетворительно согласуются с расчет-

ными данными по контактному давлению в зоне сопряжения, обуславливающему сопротивление посадки относительно продольному сдвигу и проворачиванию, достигается повышение точности определения действительного натяга в сопряжениях колец подшипников.