

В.М.Кузьмичёв, О.Н.Перков

ОЦЕНКА НЕОБХОДИМОГО БАЗОВОГО УРОВНЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛА КАТАНЫХ КОЛЕСНЫХ ЦЕНТРОВ

Выполнен анализ условий работы центров локомотивных колес и нагрузок, которым они подвергаются в процессе эксплуатации. Сопоставлены нормативные показатели качества металла цельнокатаных вагонных колёс и литых локомотивных центров. Предварительно оценен необходимый уровень показателей качества металла катаных центров, необходимый для обеспечения их высокой надёжности.

центры локомотивных колес, нагрузки, показатели качества, нормативы, надёжность

Состояние вопроса. Безопасность движения на железных дорогах в большей степени зависит от надёжности опорных элементов тягового состава, в частности, от надёжности колесных центров, которая характеризуется способностью их безотказной работы в сложных условиях эксплуатации: высоких скоростей движения, жесткости пути (применение рельсов тяжелого типа, щебеночного балласта, железобетонных шпал, и т.д.). Надёжность работы колесного центра зависит от качественных параметров металла, уровня напряженного состояния, возникающего под влиянием действующих нагрузок, которые могут приводить к появлению дефектов усталостного происхождения.

Колёсные центры являются ответственными изделиями. Они должны обладать комплексом свойств, гарантирующим полную безопасность движения транспорта на протяжении длительного срока службы. Этот комплекс свойств определяется, в первую очередь, конструктивной прочностью центра, представляющей собой прочность конструкции в эксплуатации. Выполнить разработку показателей оценки реальной конструктивной прочности – это значит определить тот комплекс механических свойств, которые находятся в наибольшей корреляции со служебными свойствами изделия.

Для колёсных центров служебными характеристиками являются следующие: циклическая прочность, вязкость, сопротивление динамическим и усталостным нагрузкам.

Задача исследований. С целью повышения уровня служебных характеристик колёсных центров, учёта сложности и многофакторности процессов, происходящих в металле, реальности угрозы возникновения разного рода дефектов и преждевременного выхода из эксплуатации, необходимо выработать такие критерии оценки качества изделия, которые позволят рационально использовать резервы упрочнения используемой для центров стали, совершенствования процессов изготовления, обеспечивая высокую конструктивную прочность.

Результаты исследований. Во время движения, колесный центр нагружен пространственной системой сил, изменяющихся по величине и времени. Основная составляющая – вертикальная нагрузка – зависит от массы брутто локомотива. При вписывании в кривую на центры колес локомотива дополнительно действует центробежная сила. Силы, возникающие при реализации тягового усилия локомотива и при торможении состава, создают дополнительные нагрузки в металле диска колеса и крутящий момент, стремящийся повернуть бандаж относительно обода центра. Напряжённое состояние металла колёсного центра усугубляется наличием дополнительных напряжений, вызванных насадкой бандажа (рисунок).

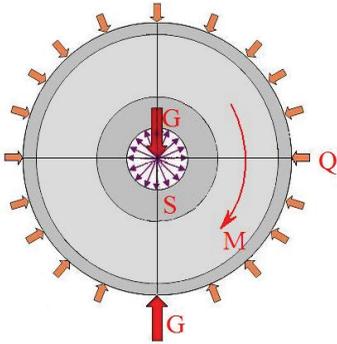


Рисунок. Силы, действующие на колёсный центр. G – нагрузка от веса локомотива; Q – нагрузка от насадки бандажа; S – нагрузка от посадки на ось; M – момент от реализации тягового усилия локомотива.

Кроме того, цикл эксплуатационного нагружения колесного центра характеризуется высокой динамикой: периодическими резкими скачками амплитуд напряжений в его элементах при прохождении поворотов, стыков, крестовин и неровностей на рельсах, а также от воздействия неровностей на поверхность катания бандажа.

Важнейшим фактором, оказывающим заметное влияние на уровень напряжений в металле центра, является уровень остаточных напряжений, возникающих в процессе изготовления.

Для установления допустимого уровня остаточных напряжений в цельнокатаных колесах обычно проводят статистический набор данных по их уровню на заводе–изготовителе, и после изъятия из эксплуатации. На наш взгляд, уровень остаточных напряжений в колесном центре можно оценивать по методике аналогичной применяемой при контроле цельнокатаных колес, т.е. по сходимости концов обода после разрезки и по изменению базового расстояния между кернами, нанесенными на боковую поверхность обода. Сходимость концов должна быть не менее 1 мм, что свидетельствует о наличии благоприятных сжимающих напряжений, блокирующих возникновение и распространение трещин.

Надежность колесных центров в эксплуатации в значительной мере зависит от величины ударной вязкости исходного металла. Этот показатель комплексно учитывает эксплуатационные характеристики

металла центра. Стабильно обеспечить необходимый уровень ударной вязкости можно обычными технологическими приёмами в процессе выплавки стали: уменьшением загрязнённости стали неметаллическими включениями и улучшением их формы и распределения, снижением содержания и ликвации вредных примесей, газонасыщенности стали. Ударную вязкость можно также повысить средствами термической обработки.

Согласно техническим требованиям ГОСТ 4491 «Центры колесные литые для подвижного состава железных дорог» контролируются следующие показатели механических свойств стали: $\sigma_B = 441$ МПа; $\sigma_T = 245$ МПа; $\delta = 22\%$; $\psi = 30\%$; $KCU^{+20} \geq 3$ кгс·м/см²; $KCU^{-60} = 2,5$ кгс·м/см².

В европейских странах уделяется большое внимание повышению надёжности и безопасности железнодорожного движения. Поэтому, при пересмотре действующего стандарта на железнодорожные колёса в новый стандарт на цельнокатаные колеса EN 13262, принятый несколько лет назад, дополнительно введены контрольные испытания с определением следующих показателей:

– K_{1c} – критический коэффициент интенсивности напряжений, характеризующий начало нестабильного роста трещины в условиях плоской деформации – позволяет оценить сопротивление металла хрупкому разрушению;

– σ_{-1} – предел выносливости или усталостной прочности;

– величина остаточных напряжений как критерий оценки качества термической обработки;

– шероховатость поверхности диска – как характеристика качества поверхности после дробеструйной обработки;

– статический дисбаланс колеса.

Поскольку колесные центры работают в схожих с колесами условиях (напряжённое состояние колёсного центра отличается отсутствием процессов износа, наличием дополнительных сжимающих напряжений от насадки бандажа и крутящего момента от реализации усилия тяги), и по форме очень близки к ним, то можно к центрам применить аналогичные характеристики оценки конструктивной прочности изделия с близкими по абсолютной величине показателями.

При назначении показателей качества для центров следует, однако, внести корректировки, связанные с усложнением напряжённого состояния центра по сравнению с вагонным колесом.

Заключение. С учётом вышеизложенного, дополнительными характеристиками оценки качества и надёжности в эксплуатации катаных колесных центров с примерными показателями могут быть приняты:

$$K_{1c} \approx 100 \text{ Н/мм}^{3/2};$$

$$\sigma_{-1} \approx 300 \text{ Н/мм}^2;$$

Значения этих показателей определены аналитически с учётом поправки на разницу в химическом составе стали колёс и колёсных центров и отличия в характере нагрузок.

Окончательное решение по значениям показателей может быть принято после набора статистических данных при испытаниях катаных центров при проведении соответствующей НИР.

Общеизвестно, что с ростом статических прочностных характеристик (σ_B , σ_T) растет циклическая прочность и уменьшается циклическая вязкость. Циклическая вязкость – это способность металла поглощать энергию в необратимой форме при воздействии циклически повторяющихся напряжений, т.е., способность выдерживать повторно-пластическую деформацию, что является одним из факторов, влияющим на показатель чувствительности к концентрации напряжений.

Следовательно, степень упрочнения обода центра должна быть ограничена, вследствие повышения чувствительности металла к концентрации напряжений, а предел прочности металла диска может быть повышен путём термообработки с целью роста предела выносливости.

Таким образом, надёжность и долговечность работы колесных центров в эксплуатации зависит от многих факторов. На основе теоретических исследований и накопленного опыта производства стали, изготовления и эксплуатации колёсных центров, можно сформулировать требования к сквозной технологии производства металла для центров и собственно центров. В общем, эти требования могут быть сведены к следующим положениям:

Выплавка стали и изготовление центров должны обеспечивать отсутствие в них металлургических дефектов, являющихся концентраторами напряжений и способствующих снижению срока службы или их разрушению в эксплуатации.

Высокие значения вязкости, пластичности и низкий порог хладноломкости, зависящие от химсостава стали, содержания газов, загрязнённости неметаллическими включениями, величины зерна и структурного состояния, определяют стойкость стали против возникновения и развития усталостных трещин, против хрупкого разрушения металла. Наличие сжимающих напряжений в ободе и в критических сечениях центра (местах перехода из обода в диск и из диска в ступицу) обеспечивает повышение его конструктивной прочности и снижает опасность разрушения в эксплуатации.

Введение дополнительных показателей качества позволит гарантировать безотказную работу катаных колёсных центров в эксплуатации.

В.М.Кузьмичов, О.М. Перков

Оцінка необхідного базового рівня показників якості металу катаних колісних центрів

Виконано аналіз умов роботи центрів локомотивних коліс і навантажень, яким вони піддаються у процесі експлуатації. Зіставлені нормативні показники якості металу суцільнокатаних вагонних коліс і литих локомотивних центрів. Попередньо оцінено необхідний рівень показників якості металу катаних центрів, необхідний для забезпечення їх високої надійності.