

УДК 621.785.5

**О ПРИЧИНАХ ХРУПКОГО РАЗРУШЕНИЯ ОБОДА
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЁС**

И. А. Вакуленко, О. Н. Перков *, О. А. Чайковский **

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного
транспорта им. акад. В. Лазаряна*

**Институт черной металлургии НАН Украины*

***Приднепровская государственная академия строительства
и архитектуры*

Постановка проблемы. При изучении случаев преждевременного изъятия железнодорожных колес из эксплуатации установлено, что одной из причин является хрупкое разрушение металла обода (рис.1).



а



б

Рис.1. Примеры формирования дефектов в зоне фаски обода
(наплыв – а; поверхностный откол металла – б).

Из многочисленных факторов, оказывающих существенное влияние на формирование очагов зарождения трещин, следует отметить возникновение неблагоприятной системы остаточных напряжений в элементах железнодорожных колес [1]. Указанная система напряжений обусловлена, в первую очередь, технологией термического упрочнения [2].

Так, при подаче охладителя на обод и приободную часть диска, с охлаждением на воздухе остальной его части и ступицы колеса, в средней части диска возникает значительный градиент температур, который превышает аналогичную характеристику при термическом упрочнении по используемой в настоящее время технологии. В этом случае повышенная разность температур между приободной и приступичной частями диска (до 400 °С) обуславливает возникновение в приступичной части диска растягивающих тангенциальных напряжений, в то время как в приободной – напряжений сжатия [3]. При этом с увеличением степени переохлаждения приободной части диска (особенно для сталей с пониженным содержанием углерода в пределах марочного состава) величина сжимающих тангенциальных напряжений в нем возрастает. Учитывая, что сумма тангенциальных остаточных напряжений в радиальном сечении колеса должна быть равной нулю, формирование сжимающих напряжений в диске, рост их уровня должны сопровождаться неизбежным возрастанием напряжений в ободе. На основании этого требуемый уровень остаточных сжимающих напряжений в ободе может быть не достигнутым, в результате чего наблюдаются случаи снижения его стойкости против формирования дефектов по поверхности катания.

Цель работы. Для предотвращения возникновения неблагоприятной системы остаточных напряжений предлагается в течение процесса термического упрочнения производить подстуживание диска в месте его перехода в ступицу до разницы температур, не превышающей 100–150 °С. Формируемый при этом градиент температур считается достаточным [2] для достижения минимального уровня тангенциальных напряжений сжатия в диске.

Методика исследований. Опробование указанных мероприятий по изменению технологии термического упрочнения проводили на железнодорожных колесах диаметром 957 мм с химическим составом: С – 0,58 %; Мп – 0,72 %; Si – 0,32 %; Р – 0,020 %; S – 0,022 %; Cr – 0,09 %; Ni – 0,08 %; Cu – 0,15 %. Охлаждение диска и его переходов в другие элементы колеса осуществляли с использованием щелевых форсунок для формирования водовоздушной смеси с различным соотношением компонентов. Оценку остаточных напряжений в ободе производили по методике [4].

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ полученных результатов свидетельствует о достижении ожидаемого эффекта – повышения стойкости обода железнодорожного колеса против хрупкого разрушения. Так, обнаружено, что, изменяя условия охлаждения, получаем повышение уровня остаточных напряжений сжатия в ободе. Причем величина прироста напряжений может достигать до 20–25 % по сравнению с используемой технологией упрочнения. Дополнительным подтверждением полученных результатов являются данные по оценке остаточных напряжений с использованием методик тензометрии. Установлено, что уровень радиальных тангенциальных напряжений в диске не превышал 100 Н/мм².

Кроме формирования участков с выкрошенным металлом по поверхности катания, достаточно часто при эксплуатации колес наблюдают

возникновение дефектов типа «остроконечный накат гребня» и «круговой наплыв на фаску». Указанные дефекты образуются в результате пластической деформации поверхностных слоев металла с ростом контактных напряжений при взаимодействии колеса с рельсом, особенно при прохождении криволинейных участков пути.

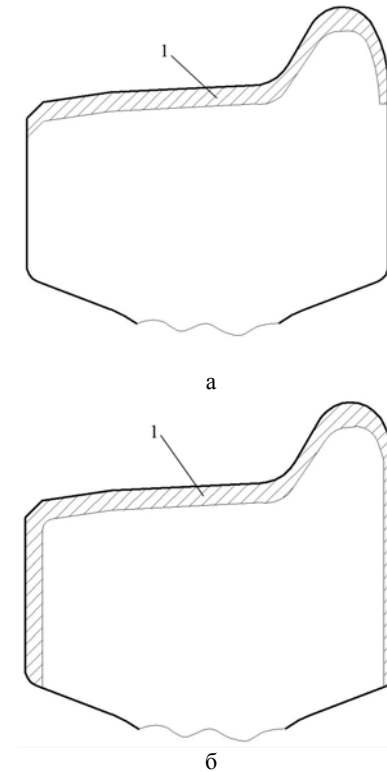


Рис. 2. Схематическое изображение расположения термоупрочненного слоя (1) в ободе колеса при термическом упрочнении только поверхности катания (а) и с дополнительным охлаждением боковых поверхностей обода (б).

С другой стороны, уменьшение толщины обода вследствие износа и ремонтных обточек колес, приводя к изменению системы остаточных внутренних напряжений, должно способствовать росту склонности металла к формированию указанных дефектов. Одним из решений, направленных на повышение стойкости обода против возникновения повреждений, может быть использование способности металлических материалов к деформационному упрочнению. Учитывая, что процессы деформационного упрочнения [5],

которые в значительной степени обуславливают запас пластичности металла после холодной пластической деформации и зависят от структурного состояния металла [6], они могут оказывать влияние на зарождение и рост микротрещин [1]. Так, изменяя структурное состояние металла обода колеса не только по толщине (от поверхности катания), но и на определенной глубине от боковой поверхности (рис. 2), можно существенно повысить эксплуатационную безопасность колес. Достигается указанный эффект за счет одновременного термического упрочнения колеса по боковой и поверхности катания обода. Формирование структур промежуточного типа с определенной долей мелкодисперсных перлитных колоний на глубине до 10 мм от указанных поверхностей колеса будет способствовать не только повышению конструктивной прочности колеса в целом, но и твердости на термически упрочненных поверхностях. При этом, что особенно важно, снижения остаточных напряжений сжатия ниже уровня требований по ГОСТ 10791 не наблюдалось.

ВЫВОДЫ

Таким образом, при эксплуатации железнодорожных колес со специально созданным термически упрочненным слоем на боковой поверхности обода будут достигаться условия дополнительного сопротивления металла возникновению кругового напыла на фаску.

Формирование указанных структур в элементах обода может быть получено при незначительных изменениях схемы и параметров процесса термического упрочнения железнодорожных колес.

Литература

1. Вакуленко І. О., Анофрієв В. Г., Перков О. М., Грищенко М. А. Дефекти залізничних коліс. – Д. : Маковецький, 2009. – 108 с.
2. Данченко Н. И., Перков О. Н., Гладкова Т. А. Зависимость усталостной прочности и ударной вязкости колесной стали от ее структурного состояния. – В кн.: Теория и практика термической обработки проката. – М.: Металлургия, 1984. – С. 43–45.
3. Шифрин М. Ю. Остаточные напряжения в диске цельнокатаных колес. – В кн. Производство железнодорожных рельсов и колес. – Харьков, 1973. – С. 82–86.
4. ГОСТ 10791. Колеса цельнокатаные. Технические условия. – М. : Стандарт, 1989. – 29 с.
5. Бабич В. К., Гуль Ю. П., Долженков И. Е. Деформационное старение стали. – М. : Металлургия, 1972. – 320 с.
6. Вакуленко І. А., Большаков В. І. Морфологія структури і деформационне упрочнення сталі. – Д. : Маковецький, 2008. – 196 с.