

# ФОРМИРОВАНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ КОЛЕС

Мямлин С. В., Пройдак С. В.,  
Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта  
им. академика В. Лазаряна,  
Вакуленко Л. И.,  
Приднепровская железная дорога

**Представлен анализ условий формирования повреждений поверхности катания железнодорожных колес, результаты которого могут быть полезными для разработки мероприятий, направленных на снижение эксплуатационных затрат.**

Улучшение эксплуатационных характеристик железнодорожных колес, кроме как путем комплексного изменения механических свойств, может быть достигнуто за счет увеличения сопротивления металла колеса формированию повреждений на поверхности катания. Учитывая достаточно сложную схему нагружения колеса в месте контакта с рельсом, успешного решения проблемы можно достичь при условии выяснения причин и обоснования механизма зарождения поверхностных повреждений. Результаты известных исследований [1–4], хотя и посвящены изучению сверхнормативного износа колес, могут рассматриваться как дополнительное свидетельство актуальности изучаемых вопросов.

Целью работы является анализ условий формирования повреждений поверхности катания железнодорожных колес при эксплуатации.

Образцами для исследования послужили фрагменты железнодорожных колес типа КП-2 и КП-Т с содержанием углерода 0,62 и 0,69% соответственно, которые имели дефекты поверхности катания. Анализ распределения микротвердости по длине ползуна осуществляли, используя микромер типа ПМТ-3. Внутреннее строение металла колеса исследовалось с использованием светового микроскопа. Подготовка объектов для исследования осуществля-

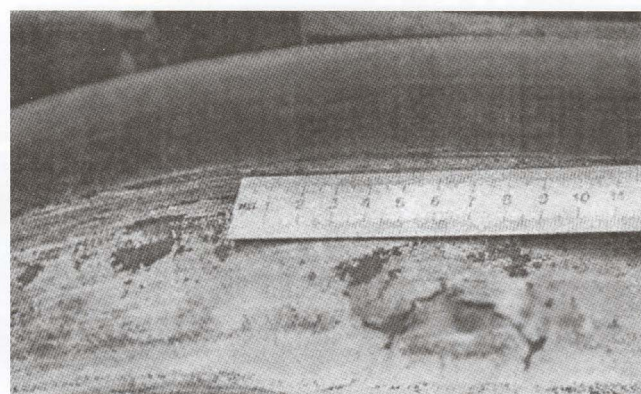
лась в соответствии с методиками количественной металлографии.

В процессе эксплуатации железнодорожные колеса по поверхности катания подвергаются значительным пластическим деформациям с высокой степенью неоднородности распределения [4]. Влияние деформации проявляется в повышении твердости металла с одновременным снижением пластических характеристик [5]. Объясняется указанное явление постепенным накоплением дефектов внутреннего строения. Количество накопленных дефектов выше предельно допустимого значения приводит к зарождению поверхностных повреждений колес.

Кроме величины пластической деформации, определенное влияние на накопление повреждений в металле железнодорожных колес оказывают разогрев колеса и условия его охлаждения в процессе эксплуатации (рис. 1). Так, при торможении подвижного состава можно наблюдать разогрев металла колеса (вблизи поверхности катания) до достаточно высоких температур [6]. Указанный разогрев сопровождается приростом пластичности и, как следствие, приводит к возникновению локальных сдвигов одних объемов металла относительно других. В дальнейшем такие места становятся очагами повреждения поверхности катания колеса. К одним из подтверждений приведенных



а)



б)

**Рис. 1.** Внешний вид сформированных выщербин: а — на поверхности катания железнодорожных колес КП-Т; б — на поверхности катания железнодорожных колес КП-2

положений следует отнести случаи формирования участков «белого слоя» [1].

Результаты исследования поврежденных участков железнодорожных колес КП-2 и КП-Т однозначно указывают на существование зависимости количества поверхностных повреждений от содержания углерода в стали. Так, при изучении распределения твердости в металле колес после формирования ползуна был обнаружен более высокий прирост твердости в середине ползуна колеса КП-Т по сравнению с КП-2. С другой стороны, известно, что чем выше уровень упрочнения металла, тем более значительного эффекта разупрочнения следует ожидать [5].

Полученные результаты по исследованию распределения твердости на поверхности сформированной выщербины соответствуют приведенным положениям. Из результатов следует, что чем выше содержание углерода в стали железнодорожного колеса, тем более значительное различие обнаружено в уровне твердости металла по краям и в середине поверхности выщербины. Для высокопрочных колес типа КП-Т максимальное снижение твердости от значений на границе выщербины до ее середины достигало уровня 30–40%, в то время как для колес типа КП-2 указанная характеристика была в два раза меньше.

Процесс зарождения трещины, кроме исчерпания ресурса накопления дефектов внутреннего строения металла, в определенной степени определяется направлением пластического течения. Так, по мере приближения от более глубоких объемов обода колеса к поверхности катания одновременно со степенью наклепа металла возрастает турбулентность деформации в целом (рис. 2). Присутствие участков металла с преимущественной ориентацией, отличной от нормальной к поверхности катания, свидетельствует о существовании сдвиговой составляющей при наклепе. На определенной глубине направление течения металла становится практически параллельным к поверхности катания колеса. Аналогичную ориентацию имеет и растущая трещина (рис. 2). Таким образом, рост трещины вдоль поверхности катания завершает этап формирования выщербины металла (рис. 1).

Для случая постепенного накопления дефектов внутреннего строения металлом колеса механизм формирования очага разрушения основан на возникновении элементарных сдвигов в объемах вблизи поверхности катания. Как показали результаты исследования, в местах контакта «колесо — рельс» формирование указанных элементарных сдвигов в действительности является причиной возникновения экструзий и интрузий, подобно наблюдаемому при циклическом нагружении металлических материалов. Схематически процесс появления экструзии представлен на рис. 3, а.

На основе анализа профиля катания железнодорожных колес были обнаружены участки с явными признаками интрузий и экструзий (рис. 3, б). Возникновение интрузии по харак-



Рис. 2. Пластическое течение металла вблизи с поверхностью катания железнодорожного колеса (увеличено в 100 раз)

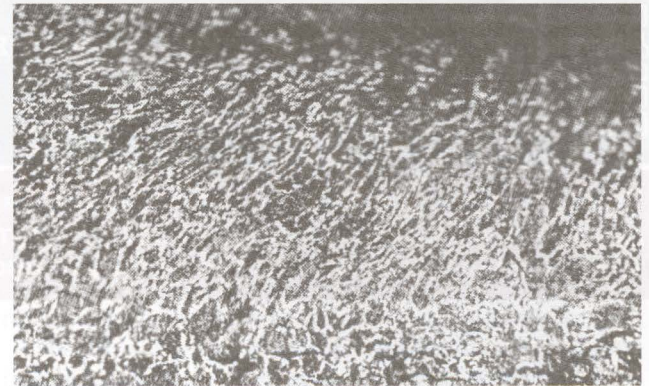
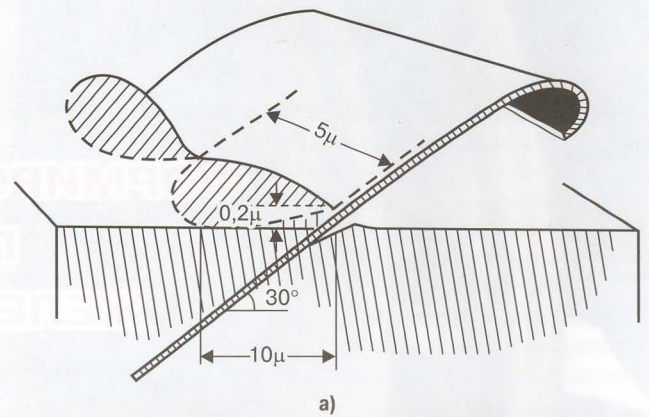


Рис. 3. Процесс появления экструзии: а — схема формирования; б — реальный вид на поверхности катания колеса

теру своего влияния в значительной степени подобно зародившейся микротрещине с преимущественным ростом в глубь обода колеса. Характер влияния выдавленных объемов металла на процесс формирования поверхностного повреждения несколько отличается от влияния интрузии. Обусловлено это тем, что выдавленный объем не может быть полностью возвращен на свое место, как до формирования экструзии, хотя бы по причине развития процессов упрочнения и перераспределения при этом дефектов внутреннего строения металла [7]. Более того, при последующем качении колеса выдавленный объем или хотя бы его часть после дополнительной пластической деформации будет с большой вероятностью удален с поверхности катания. После завершения действия напряжения, которое привело к формированию экструзии, за счет реакции от внутренних напряжений возникает составляющая, которая способствует восстановлению объема металла. Отсутствие части выдавленного металла по характеру своего действия будет подобным процессу, наблюдаемому при возникновении интрузии. На основании этого эффект достижения предельно допустимой концентрации дефектов внутреннего строения в микрообъеме металла является основной причиной, приводящей к формированию повреждения поверхности катания железнодорожного колеса.

Полученные результаты следует рассматривать как одну из попыток объяснения явления формирования дефектов на поверхности катания железнодорожных колес. Результаты анализа могут быть полезными для разработки мероприятий, направленных на снижение эксплуатационных затрат колес. **В П**

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Водяников Ю. Я. Исследования повреждаемости колесных пар грузовых вагонов в эксплуатации при воздействии тормозной системы / Ю. Я. Водяников, С. В. Кукин, А. Е. Нищенко // Вісник ДНУЗТ. — 2007. — Вип. 14. — С. 112–114.

2. Бояршина Л. А. Пути повышения ресурса колесных пар подвижного состава / Л. А. Бояршина // Вагонный парк. — 2011. — № 3. — С. 38–39.
3. Богданов В. М. Современные проблемы системы колесо — рельс / В. М. Богданов, С. М. Захаров // Железнодорожный транспорт. — 2004. — № 1. — С. 57–62.
4. Вакуленко І. О. Дефекти залізничних коліс / І. О. Вакуленко, В. Г. Анофрієв, М. А. Грищенко та ін. — Дніпропетровськ: Маковецький, 2009. — 112 с.
5. Вакуленко И. А. Морфология структуры и деформационное упрочнение стали / И. А. Вакуленко, В. И. Большаков. — Днепропетровск: Маковецький, 2008. — 196 с.
6. Кутішенко О. В. Пошкоджувальність коліс вантажних вагонів в експлуатації / О. В. Кутішенко, А. В. Донченко, Т. В. Шелейко // Вагонний парк. — 2012. — № 2. — С. 12–15.
7. Мямлін С. В. Умови формування ушкоджень по поверхні кочення залізничних коліс і бандажів / С. В. Мямлін, Л. І. Вакуленко // Тезиси докладів 71 Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми і перспективи розвитку залізничного транспорту». — Днепропетровск, 2011. — С. 367–368.

Получено 29.11.2013

УДК 629.45.46.02:539.3

UDC 629.45.46.02:539.3

**Мямлін С. В., Пройдак С. В., Вакуленко Л. І.**  
**Формування ушкоджень**  
**поверхні катання залізничних коліс**

**Mjamlin S., Projdak S., Vakulenko L.**  
**Formation of Railway Wheels'**  
**Rolling Surface Damage**

Представлено аналіз умов формування ушкоджень поверхні катання залізничних коліс, результати якого можуть бути корисними для розробки заходів, спрямованих на зниження експлуатаційних витрат.

The analysis of the conditions of formation of rail wheels' rolling surface damage, the results of which can be useful for the development of measures aimed at reducing operating costs, is presented in the article.

## Железнодорожное издательство «Подвижной состав» предлагает приобрести карту железных дорог Украины

**На карте разместим логотип  
вашего предприятия!**  
**Размер карты — 1880 × 1320 мм**

Адрес: ул. Сумская, 39, оф. 170  
 г. Харьков, 61058, Украина  
 Тел./факс: +38 (057) 715-94-40 (41)  
 E-mail: zips@technostd.com  
 www.railway-publish.com