

**ТЕХНОЛОГІЯ МЕТАЛІВ ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО**

---

УДК 629.4

**ОСОБЕННОСТИ ИЗНОСА ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ КОЛЕС**

Д-р техн. наук В.Н. Остапчук, канд. техн. наук И.И. Федченко

**ОСОБЛИВОСТІ ЗНОСУ ПОВЕРХНІ КАТАННЯ КОЛІС**

Д-р техн. наук В.М. Остапчук, канд. техн. наук І.І. Федченко

**FEATURES WEAR OF THE WHEEL THREAD**

Doct. of techn. sciences V. Ostapchuk, cand. of techn. sciences. I. Fedchenko

*В статье рассмотрены особенности механизма износа поверхности катания колес, а также исследованы основные источники образования частиц износа. Предложен комплексный подход к механизму изнашивания железнодорожных колес, включающий изучение структурных изменений, происходящих в поверхностных слоях ободьев, анализ частиц износа и установление механизма их образования.*

**Ключевые слова:** износ, колесные пары, комплексный подход, поверхность катания.

*У статті розглянуто особливості механізму зносу поверхні катання коліс, а також досліджено основні джерела утворення частинок зносу. Запропоновано комплексний підхід до механізму зношування залізничних коліс, що включає вивчення структурних змін, що відбуваються в поверхневих шарах ободів, аналіз частинок зносу і встановлення механізму їх утворення.*

**Ключові слова:** знос, колісні пари, комплексний підхід, поверхня катання.

*In practice there for more than 60 types of defects set of wheels that arise under the influence of various factors, and from them, directly or indirectly dependent on traffic safety.*

*Therefore, set of wheels, which exceed the established defects undergo repair or excluded from the inventory. The article describes the features of the mechanism of wear of the wheel thread, as well as to study the main sources of the wear particles.*

*Results of the analysis of micro-cracks, peeling and wear particles, as well as the mechanisms of their formation showed that the wear of the wheel thread is a complex phenomenon that occurs by several mechanisms (fatigue, adsorption, corrosion, wear by friction) and is a multifactorial process, and the change state of the surface layer of the rim during operation reduces its quality characteristics.*

**Keywords:** wear, set of wheels, multifaceted approach, wheel thread.

**Введение.** Значительная часть отказов в пути следования и неплановых ремонтов колесных пар является следствием износа термомеханических повреждений верхних слоев поверхности катания и гребня. Появляющиеся дефекты вызваны главным образом динамическим взаимодействием пути и подвижного состава, а также процессом торможения, которые прямо или косвенно влияют на безопасность движения и работоспособность колес.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Многообразие условий работы пар трения позволяет утверждать, что общим подходом может быть представление об усталостной природе разрушения поверхностных слоев [1]. Такой подход необходим как при выборе химического состава сталей пары трения колесо-рельс с учетом их циклической прочности и долговечности, так и при разработке новых конструкций колес с учетом условий их

експлуатації. Резко возросший в последние годы интерес к изучению механизма износа связан не только с необходимостью сокращения связанных с износом потерь, но и с разработкой эффективных методов прогнозирования долговечности колес, обеспечением надежности их работы, особенно в экстремальных условиях (большие нагрузки, высокие скорости, повышенные температурные нагрузки на затяжных спусках и т.д.).

На практике встречается более 60 видов дефектов колесных пар, которые возникают под влиянием различных факторов, и от них прямо или косвенно зависит безопасность движения. Поэтому колесные пары, у которых дефекты превышают установленные нормы, подвергаются ремонту или исключаются из инвентаря [1,2].

**Постановка задачи.** Целью данной работы является комплексный подход к механизму изнашивания железнодорожных колес, который включает не только изучение структурных изменений, происходящих в поверхностных слоях ободьев, но также анализ частиц износа и установление механизма их образования.

**Основная часть исследования.** Усталостные процессы связаны с возникновением вблизи поверхности катания зоны пластической деформации и участков "белого слоя", который отличается хрупкостью, а также с наличием вблизи поверхности катания частиц

неметаллических включений и образовавшихся в процессе эксплуатации участков коррозионного повреждения стали [2]. Эти структурные изменения вызывают появление дефектов усталостного происхождения (трещин, частиц износа), которые приводят к разрушению обода (причем очень опасным является подрез гребня), а также к изменению профиля колеса в результате смещения слоев металла вдоль поверхности катания. Таким образом, механизм износа поверхности катания представляет совокупность механических, теплофизических и химических явлений и связан с образованием частиц износа и микротрещин в местах интенсивной пластической деформации и в участках "белого слоя", вблизи частиц неметаллических включений и продуктов коррозии стали.

Исследован механизм износа колес 1-6 с плоскоконическим профилем диска, химический состав которых приведен в таблице. Колеса 1 и 2 проработали около 5 лет под пассажирским составом и были сняты с эксплуатации по предельному износу ободьев.

Для исследований влияния срока службы на структурные и фазовые изменения, происходящие в процессе эксплуатации, были выбраны четыре колеса одной партии, проработавшие разный срок под пассажирским составом: 3-1,5 года, 4 - 2,5 года, 5-4 года, 6-5,5 года.

Таблица

Химический состав исследованных колес и колесной стали

№ колеса	Содержание элементов, %							
	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
1	0,59	0,72	0,34	0,025	0,012	0,14	0,15	0,20
2	0,65	0,79	0,36	0,027	0,010	0,13	0,18	0,18
3-6	0,58	0,74	0,34	0,025	0,011	0,14	0,17	0,21

Идентификацию неметаллических включений, продуктов коррозии и частиц износа на поверхности катания железнодорожных колес 1-6 проводили несколькими методами: металлографический, поляризованный свет; микрорентгеноспектральный; рентгеноструктурный.

Вдоль всей поверхности катания встречаются микротрещины и расслоения,

приводящие к формированию и отслоению частиц износа, а также хрупкому разрушению в зоне выкружки, что на практике вызывает массовые подрезы гребней колес. Образование частиц износа имеет разные причины, а конечная видимая форма частиц износа зависит от условий их образования.

Одной из главных причин формирования частиц износа является протекание

пластических сдвигов с довольно большой степенью деформации, которая имеет неоднородный характер [1, 2].

Именно на границах зон с разной степенью деформации, а также в участках интенсивной и турбулентной деформации

возникают микротрещины (рис. 1, а), отслоения, частицы износа (рис. 1, б). В зоне выкружки возникает группа частиц износа, что свидетельствует о значительной локализации деформации и приводит в конечном счете к подрезу гребня.

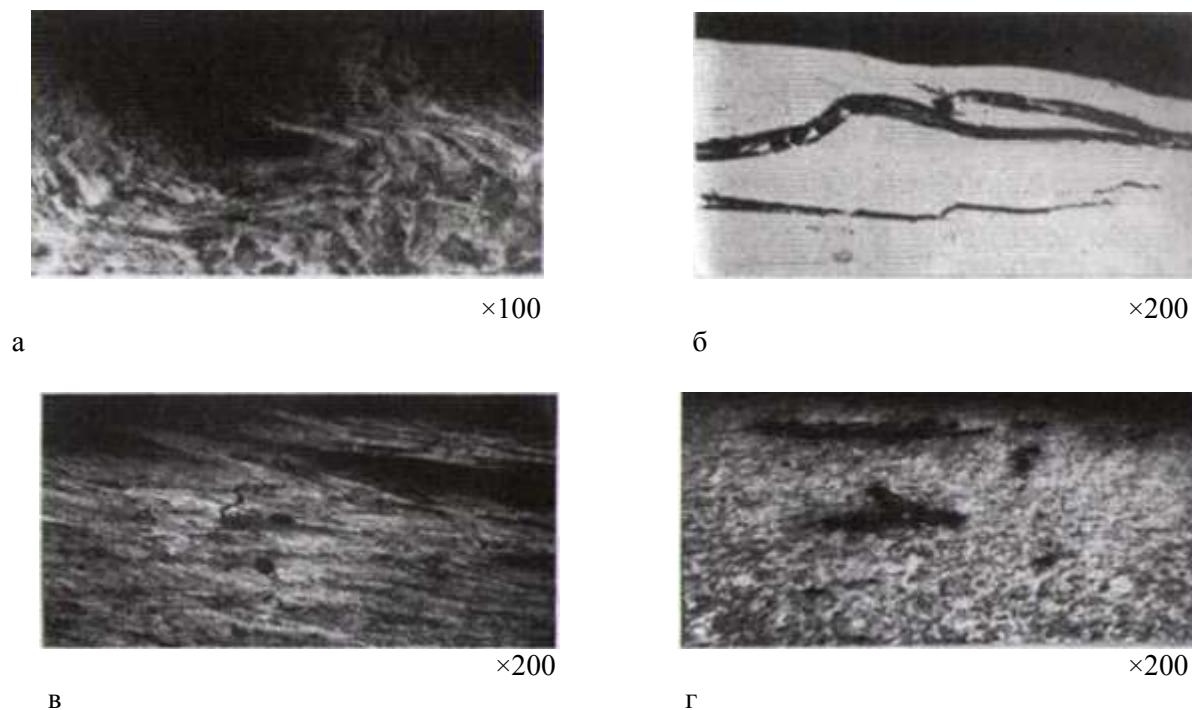


Рис. 1. Частицы износа вблизи поверхности катания в зоне интенсивной пластической деформации,  $\times 200$

Частицы износа, возникшие вследствие развития интенсивной пластической деформации вблизи поверхности катания, представляют собой чешуйки или пластины разной толщины. Они характерны для нормальных условий износа [3], и их появление связано с пластической деформацией, протекающей вблизи поверхности катания колеса.

При трении на некоторой глубине появляются протяженные микротрещины (рис. 1, в), растущие до критического размера в результате пластического течения стали (рис. 1, г). При этом в зоне между трещинами и поверхностью катания локализуется пластическое течение стали и образуются частицы в виде чешуек, которые отслаиваются.

Главная роль в этом процессе относится к пластическим актам, приводящим к

накоплению дислокаций и появлению микротрещин, параллельных поверхности катания колеса. Такие микротрещины определенное время не вызывают образования частиц износа, они могут расти и в это время образуются новые микротрещины. Образование чешуек износа происходит путем вязкого отслоения металла при слиянии этих микротрещин и сопровождается пластическим течением стали вблизи поверхности катания колеса.

Следующей причиной образования частиц износа на поверхности катания колеса является так называемый «белый слой», который обладает повышенной хрупкостью. На границе его раздела с основной структурой колесной стали возникают значительные напряжения, обусловленные различными физическими и механическими свойствами зон

с различной структурой. Кроме того, вблизи участков «белого слоя» обнаруживается локализация деформации поверхностного слоя обода колеса, что также способствует концентрации напряжений на границе «белый слой» - основная структура колесной стали. Это способствует выкрашиванию «белого слоя», поэтому практически всегда он не является

сплошным. Такие частицы износа имеют вид осколков с острыми краями неправильной формы (рис. 2, а). Они обычно возникают при очень высоких давлениях, и их появление можно связать с образованием в поверхностных слоях ободьев мелких усталостных трещин, выход которых на поверхность является началом образования частиц износа.



а



б

Рис. 2. Частицы износа (а) и выкрашивания «белого слоя» (б);  $\times 1000$

Следует отметить, что под хрупким «белым слоем» сталь пластически деформируется и на границе этих структурных составляющих возникают силы отталкивания, действующие на движущиеся дислокации [3], что приводит к формированию вблизи границы раздела этих структурных зон области с повышенной плотностью дислокаций, обеспечивающей деформированный наклеп. Это может в свою очередь привести к появлению микротрещин как вдоль границы «белый слой» - деформированная структура стали, так и на некотором расстоянии от нее, аналогичных приведенным на рис. 1, в, и параллельных поверхности катания колеса (рис. 2, б). Еще одной из причин образования частиц износа являются неметаллические включения, которые имеют металлургическое происхождение и являются концентраторами напряжений и деформаций в колесной стали [1].

Образованию трещин и частиц износа также способствует окисление и коррозионное разрушение поверхности катания, причем эти процессы приводят к формированию непосредственно на поверхности катания грубых включений сложных оксидов. Проведенными исследованиями установлено, что наличие частиц второй фазы существенно

повышает скорость образования микротрещин и их объединения, что увеличивает интенсивность износа (усталостного и при трении). Это связано с тормозящим влиянием частиц на движущиеся дислокации, а влияние включений на формирование частиц износа является одним из наиболее важных механизмов формирования дефектов при износе. Глубина формирования дефектов при этом определяется глубиной нахождения частиц неметаллических включений от внешней поверхности. Анализ микроструктуры колесной стали вблизи поверхности катания колес показал, что неметаллические включения и продукты коррозии колесной стали способствуют неоднородному развитию деформации, появлению зон турбулентного течения и способствуют образованию зон с повышенной степенью деформации относительно среднего ее значения в разных участках по ширине обода. Неметаллические включения вблизи поверхности катания колеса находятся в сложном напряженном состоянии, определяемом системой контактных, динамических и циклических напряжений. Многократное циклическое термомеханическое воздействие на поверхность катания колеса при взаимодействии ее с рельсом приводит к накоплению напряжений и дефектов

(микротрещин, расслоений, отслоений), что способствует образованию частиц износа, имеющих разную форму, источник и механизм формирования.

**Выводы.** Результаты анализа микротрещин, отслоений и частиц износа, а также механизмов их образования показали, что износ поверхности катания

железнодорожных колес представляет собой сложное явление, которое происходит по нескольким механизмам (усталостный, адсорбционный, коррозионный, износ при трении) и является многофакторным процессом, а изменение состояния поверхностного слоя обода при эксплуатации способствует снижению его качественных характеристик.

### *Список использованных источников*

1. Обеспечение износостойкости в машиностроении [Текст]: учебн. пособие / А.Н. Гладченко, Н.А. Зенкин, И.В. Шевеля и др. – К.: ИСДО, 1996. – 115 с.
2. Богданов, А.Ф. Эксплуатация и ремонт колесных пар железнодорожных вагонов [Текст] / А.Ф. Богданов, В.Г. Чурсин. – М.: Транспорт, 1985. – 270 с.
3. Марченко, Е.А. О природе износа поверхностей металлов при трении [Текст] / Е.А. Марченко. – М.: Наука, 1979. – 118 с.

---

Остапчук Віктор Миколайович, доктор техн. наук, професор кафедри матеріалів та технологій виготовлення виробів транспортного призначення Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-49. E-mail: fedcirina@yandex.ru.

Федченко Ірина Іванівна, канд. техн. наук, доцент кафедри матеріалів та технологій виготовлення виробів транспортного призначення Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-49. E-mail: fedcirina@yandex.ru.

Ostapchuk V. doct. of techn. sciences, professor department of materials and manufacturing technology products transport purposes Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-49. E-mail: fedcirina@yandex.ru.

Fedchenko I.I. kand. of techn. sciences, associate professor department of materials and manufacturing technology products transport purposes Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-49. E-mail: fedcirina@yandex.ru.