

І. О. ВАКУЛЕНКО (ДІТ), О. М. ПЕРКОВ (ІЧМ НАНУ), В. Г. АНОФРІЄВ (ДІТ),  
В. С. КРОТ (Укрзалізниця)

## АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ДЕФЕКТІВ НА ПОВЕРХНІ КОЧЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІС

Виникнення руйнування залізничного колеса обумовлено формуванням високих локальних напружень від неоднорідної пружно-пластичної деформації за рахунок циклічної зміни температур під час гальмування.

Возникновение разрушения железнодорожного колеса обусловлено формированием высоких локальных напряжений от неоднородной упруго-пластической деформации при циклической смене температур при торможении.

The destruction occurrence in a railroad wheel is caused by formation of the high local stresses produced by the inhomogeneous elastic-plastic deformation when the cyclic temperature change takes place during and after braking using brake shoes.

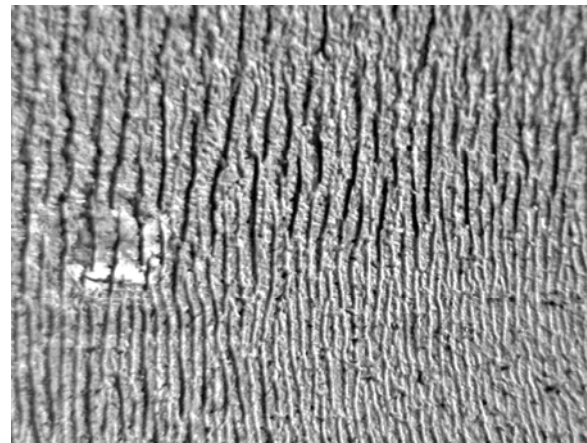
На сьогоднішній день інтенсивний розвиток техніки неможливо уявити без прогресуючого зростання рівня вимог до металів і сплавів, особливо до тих, які використовуються для виготовлення елементів конструкцій, які працюють в складних умовах температурно-силових впливань. До таких елементів відносять залізничне колесо, яке при експлуатації зазнає впливання від навантажень, температур, що циклічно змінюються, навколишнього середовища та ін. Аналіз чисельних випадків виникнення ушкоджень залізничних коліс (рис. 1) свідчить, що головною причиною руйнування металу є розвиток процесів структурних перетворень, які обумовлені неухильним накопиченням дефектів під час експлуатації колеса [1]. Вивчення механізму суб- та мікроструктурних змін в металі колеса в залежності від умов навантаження дозволить визначити причину виникнення ушкоджень і, як наслідок цього, розробити пропозиції щодо зниження визначених негативних впливань.

Мета роботи – визначення причин виникнення вищербин по поверхні кочення залізничного колеса.

Аналіз схеми можливих навантажень, яким піддається залізничне колесо під час експлуатації, показує, що чисельні впливання необхідно розділити на ті, які можливо усунути і які є невід'ємною частиною технологічного процесу роботи колеса як опорного елемента рухомого складу. До одних з впливань, які неможливо усунути, відносять розвиток процесів деформаційного зміцнення металу за рахунок взаємодії колеса з рейкою під час кочення та розігріву приповерхневого шару металу обода при взаємодії його з гальмівними елементами.



а)



б)

Рис. 1. Вищербини металу на поверхні кочення залізничного колеса (а), термічні тріщини в місцях поблизу переходу від поверхні кочення до гребеня (б)

Так, у процесі гальмування, коли напруження тертя від взаємодії колеса з гальмівними колідками перебільшує аналогічну характеристику для контактної пари колесо-рейка, досягаються умови формування наварів. Наведене

явище може бути повністю або частково усунуто за рахунок ретельного налагодження гальмівних систем рухомого складу.

Окрім екстреного гальмування при виникненні небезпеки руху, наведені засоби повинні складатися з наближення до умов одночасного початку процесу гальмування та досягнення приблизно одного рівня напружень тертя від взаємодії з гальмівною колодкою для всіх коліс визначеного потяга. Якщо формування наварів на залізничних колесах можна усунути, то запобігти формуванню «білих плям» на поверхні кочення значно складніше. На основі проведених досліджень [2] було визначено, що в порівнянні з наваром виникнення «білих плям» має свої особливості. Цей процес, подібно навару, зв'язаний з інтенсивним розігрівом металу обода, однак зчіплювання з металом рейки відсутнє. При гальмуванні в тонкому приповерхневому шарі металу обода дуже швидко зростає температура до значень, яких достатньо для початку розвитку процесів фазових перетворень [3]. Після закінчення процесу гальмування інтенсивний відвід тепла розігрітого металу до більш заглиблених об'ємів, з урахуванням стабільності аустеніту колісної сталі, може супроводжуватися структурними змінами за механізмом зсуву [3]. В цьому випадку вже незначні відхилення в стабільності процесів розігріву та охолодження металу будуть супроводжуватися виникненням визначеної структурної неоднорідності. Підтверджують наведене положення експериментальні дані, які отримані при вивченні структурних змін під час формування «білих плям». Приповерхневі шари металу (відносно поверхні кочення) мають дуже значний градієнт структур від мартенситного типу, після відпуску при різних температурах, до перлітних з різною дисперсністю (рис. 2). Така структурна неоднорідність обов'язково буде мати свої наслідки у вигляді формування неоднорідного комплексу властивостей у визначених мікрооб'ємах металу, що, в свою чергу, буде сприяти виникненню різного опору процесам зародження та зростання мікротріщин.

Окрім впливу температури на кінетику структурних перетворень в металі обода, визначене впливання на рівень внутрішніх напружень може спостерігатися з боку диску колеса. Так, дійсно, якщо вважати, що при короткочасних режимах гальмування тепловідвід від обода, окрім навколишнього середовища, незначно нагріває місця спряжиння диска і обода, то при відносно тривалих або достатньо частих гальмуваннях положення суттєво змінюється.



а)



б)

Рис. 2. Структури сталі після структурних перетворень за механізмом зсуву та відпуску при 650 °С, 5 хв. (а), ізотермічний розпад аустеніту при 650 °С (б).

Збільшення 800 (а), 2000 (б)

В цих випадках теплові впливання від ободу будуть більш значною мірою сприяти підвищенню температури диску колеса. Зміна геометричних розмірів диску буде супроводжуватися виникненням розтягуючої складової внутрішніх остаточних напружень в металі обода. Таке впливання буде сприяти зниженню опору металу зародженню та зростанню тріщин та може розглядатися як додатковий фактор, який знижує тріщиностійкість обода залізничного колеса. Окрім цього, зміні етапів гальмування та закінчення цього процесу відповідає закономірна зміна температури розігріву металу, а з урахуванням неодновременного, для різних коліс та колісних пар, початку гальмування різким збільшенням амплітуди циклічної зміни температури. По характеру впливання – зміна нагріву на охолодження супроводжується зміною виникаючих деформацій за цикл. Явища, що спостерігаються, можуть бути віднесені до малоциклової втоми. В наведеному випадку за відносно малий період часу велика швидкість накопичення різноманітних дефектів кристалічної будови достатньо швидко переводить метал в стан з неконтрольованим зростанням тріщини.

За рахунок розвитку наведених процесів відбувається виникнення вищербин металу з поверхні кочення залізничних коліс [2].

На підставі аналізу проведених досліджень визначено, що підвищення надійності залізничних коліс при експлуатації може бути досягнуто за рахунок використання сталей зі зниженою концентрацією неметалевих включень різної природи походження та формування в металі структурного стану з підвищеним опором зародженню і зростанню мікротріщин.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Вакуленко И. А. Зависимость усталостной прочности от структурного состояния стали для железнодорожных колес / И. А. Вакуленко,

Н. А. Грищенко, О. Н. Перков. – В кн.: Современные проблемы подготовки производства, заготовительного производства, обработки, сборки и ремонта в промышленности и на транспорте. – К., 2007. – С. 242-244.

2. Класифікація несправностей вагонних колісних пар та їх елементів. – К.: Державна адміністрація залізничного транспорту України, 2006. – 79 с.
3. Вакуленко І. О. Чинники, які впливають на розвиток втомленості металу в процесі експлуатації залізничних коліс / І. О. Вакуленко, О. М. Перков, М. А. Грищенко // Залізничний транспорт України, 2007. – № 5. – С. 70-71.

Надійшла до редколегії 27.03.2008.