

І. О. ВАКУЛЕНКО (ДІПТ)

ЗАЛЕЖНІСТЬ СТРУКТУРНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ПО ПОВЕРХНІ КОЧЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІС ВІД ТИПУ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ

Виникнення руйнування залізничного колеса обумовлено формуванням високих локальних напружень від неоднорідної пластичної деформації, циклічної зміни температур під час гальмування та типом гальмівної системи.

Возникновение разрушения железнодорожного колеса обусловлено формированием высоких локальных напряжений от неоднородной пластической деформации, циклической смены температур при торможении и типом тормозной системы.

The destruction occurrence in a railroad wheel is caused by formation of the high local stresses produced by the inhomogeneous plastic deformation, the cyclic temperature change during and after braking as well as the type of brake system.

В сучасних умовах збільшення маси рухомого складу, з одночасним підвищенням інтенсивності руху, супроводжується зростанням навантаження на залізничні колеса та рейки. Враховуючи, що в умовах високих тягових і гальмівних потужностей процес руху відбувається на межі зчеплення, питання оптимального структурного стану залізничних коліс та рейок стає достатньо актуальним. Окрім цього, для підвищених швидкостей руху значно збільшується температурний вплив, особливо в зоні контакту колесо-рейка. Наведений вплив значною мірою зв'язаний не тільки із структурним станом металу залізничних коліс та рейок, а ще і з особливостями процесу гальмування. Порівняльний аналіз впливу на метал по поверхні кочення, при використанні дискових гальмівних пристроїв і колодочної схеми, показав існування як багато спільного, так і своїх особливостей. На підставі чисельних наукових досліджень, з урахуванням специфіки навантаження, умов експлуатації, визначений різний оптимальний структурний стан металу залізничних коліс та рейок. Так, для залізничних коліс використовують термічні зміцнюючі обробки, особливо для об'ємів металу обода, які сприяють формуванню дрібнодиференційованих пластинкових структур сорбіту з переривчастою сіткою структурно вільного фериту, який розташований по колишніх великокутових аустенітних границях. Рейки, навпаки, піддаються зміцнюючим термічним обробкам, які приводять до структур поліпшення – структурні перетворення за зсувним механізмом з подальшим відпуском сталі. В цьому випадку струк-

турний стан металу – дрібнодисперсні глобулі карбідної фази рівномірно розташовані у феритній матриці.

Метою роботи є визначення якісних ознак стосовно очікуваних структурних перетворень в металі залізничних коліс при експлуатації в залежності від використання принципово різних схем гальмування.

Матеріалом для дослідження є вуглецеві сталі, які використовуються для виготовлення залізничних коліс. Аналіз внутрішньої будови металу проводили з використанням методик кількісної металографії при дослідженні структури під світловим мікроскопом.

На підставі аналізу внутрішньої будови металу обода залізничного колеса визначено, що після термічної зміцнюючої обробки структура представляє собою ферито-перлітну суміш різного ступеня дисперсності і морфології, в залежності від відстані від поверхні примусового охолодження [1]. В процесі експлуатації залізничне колесо піддається різноманітним впливам. Так, виникаючий наклеп металу по поверхні кочення, маючи визначений градієнт значень углуб обода, одночасно з градієнтом температур по товщині обода від взаємодії з рейкою, визначають характер структурних змін в металі. Однак, сам характер структурних змін в металі залізничного колеса під час експлуатації може змінюватися в залежності від використаної схеми гальмування.

Для схем гальмування з використанням гальмівних колодок визначено, що стискування залізничних коліс по поверхні кочення сприяє, з достатньо високою швидкістю, збільшенню

температури в приповерхневих прошарках металу. При цьому температура розігріву за різними оцінками [2] в прошарку металу до 1 мм може досягати значень, достатніх для початку фазових перетворень (до 800 °C). Так, для об'ємів металу, які піддаються нагріву до 600...650 °C з попереднім наклепом, адекватним 40...50 % пластичної деформації, в місцях перлітних колоній спостерігається формування частково (в залежності від ступеня пластичної деформації та температури нагріву) сфероїдизованих карбідних часток (рис. 1). Прошарки структурно вільного фериту (по стехіометрії в колісних сталях об'ємна частка може досягати до 25 %) після наведеного впливу можуть перетворюватися в ланцюги, які складаються з дрібних зерен різної морфології. Зменшення відстані від поверхні кочення сприяє одночасно збільшенню ступеня наклепу металу обода та температури розігріву. Як визначено дослідженнями [3], нагрів вуглецевої сталі з 0,6 % C до температур 700...720 °C після попередньої пластичної деформації 60...70 % супроводжується розвитком процесів рекристалізації, причому розмір зерна фериту обернено пропорційний швидкості нагріву та величині наклепу. Враховуючи, що п'ятно контакту залізничне колесо-рейка має достатньо малий розмір, за одне обертання колеса на поверхні кочення формується вузька смуга з визначним ступенем наклепу, в той час як сусідні ділянки на поверхні кочення залишаються незмінними. Таким чином, тільки за рахунок взаємодії колеса з рейкою при вільному коченні виникає достатньо неоднорідний наклеп металу по робочій поверхні обода.

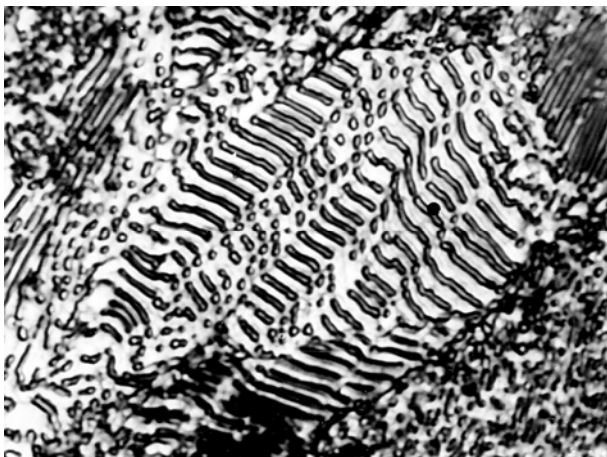


Рис. 1. Структура перлітної колонії вуглецевої сталі після деформації 30 % нагріву, до 650 °C (збільшення 2000)

В процесі гальмування, при взаємодії гальмівних колодок з колесом, відносно рівномір-

ний розігрів металу по всій контактній поверхні супроводжується розвитком процесів структурних перетворень з одночасним вирівнюванням по об'єму та зниженням накопичених дефектів кристалічної будови металу. Окрім цього, гальмівні колодки виконують функцію інструмента, який знімає поверхневий шар металу, в тому числі і ділянки з невеликими поверхневими ушкодженнями.

Таким чином, в процесі гальмування відбувається рівномірне зрізання неоднорідно наклепаного, з можливими поверхневими ушкодженнями прошарку металу, що може розглядатися як, свого роду, процес підвищення якості поверхні кочення. Розігрів поверхні сприяє релаксації внутрішніх напружень від залишків наклепаного металу.

В подальшому, при експлуатації залізничного колеса структурні зміни по поверхні кочення будуть мати свій розвиток. Після закінчення етапу гальмування, без зупинки потяга, розігріте колесо з частково знятим прошарком ушкодженого металу, далі піддається пластичній деформації з підвищеною температурою розігріву. Коли ступеня розігріву достатньо, відбуваються процеси релаксації внутрішніх напружень на місці. При поступовому зниженні температури, процеси, що послідовно розвиваються – рекомбінація дефектів кристалічної будови до приблизно 400 °C, динамічне деформаційне старіння до 350...200 °C – можуть приводити до збільшення міцнісних властивостей при незмінності запасу пластичності, а в деяких випадках і до підвищення пластичності та опору крихкому руйнуванню [4].

Характер структурних змін при експлуатації залізничного колеса при використанні дискової гальмівної системи дещо відрізняється від характеру змін, що спостерігається при використанні колодок. По-перше, необхідно відмітити, це відсутність рівномірного розігріву металу по поверхні кочення. Виникаючий наклеп металу від взаємодії з рейкою, як згадано вище, має дуже високу неоднорідність по поверхні кочення. Передача енергії при гальмуванні від гальмівних дисків, через вісь колісної пари на місце контакту з рейкою обмежується достатньо малою площиною. На підставі цього можна вважати, що виникають достатньо великі напруження від високої щільності енергії. Обумовлено це відносно низькими температурами розігріву приповерхневих прошарків металу колеса. В цьому випадку відсутність розвитку релаксаційних процесів (недостатньо висока температура), накопичення дефектів кристаліч-

ної будови до максимально можливої межі, а при неодноразовому початку роботи гальмівних елементів до невиконання умов зчеплення, все це буде сприяти виникненню дефектів по поверхні кочення та вилученню коліс з експлуатації. Враховуючи експериментальні дані [5], які свідчать, що протягом останнього часу почастишали випадки, при використанні дискової системи гальм, передчасного вилучення коліс по невиконанню умов геометрії. Поверхня кочення залізничного колеса від форми у вигляді кола відносно швидко перетворюється в багатокутник. Наведені відомості можуть розглядатися як одне із підтверджень ймовірності структурних перетворень в металі обода колеса при використанні принципово різних систем гальмування.

Висновки

На підставі проведеного аналізу структурних змін в металі обода залізничних коліс при експлуатації, з використанням принципово різних гальмівних систем визначено, що по поверхні кочення розвиток процесів структурних перетворень має свої особливості.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Вакуленко, И. А. Технологические особенности производства упроченных железнодорожных колес [Текст] / И. А. Вакуленко, О. Н. Перков // Вісник Дніпроп. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 20. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 216-218.
2. Данченко, Н. И. Зависимость усталостной прочности и ударной вязкости колесной стали от её структурного состояния [Текст] / Н. И. Данченко, О. Н. Перков, Т. А. Гладкова. – В кн.: Теория и практика термической обработки проката. – М.: Металлургия, 1984. – С. 43-45.
3. Бабич, В. К. Деформационное старение стали [Текст] / В. К. Бабич, Ю. П. Гуль, И. Е. Долженков. – М.: Металлургия, 1972. – 320 с.
4. Вакуленко, И. А. Структура и свойства углеродистой стали при знакопеременном деформировании [Текст] / И. А. Вакуленко. – Д.: Gaudemus, 2003. – 94 с.
5. Выбор стали для колес – альтернативы и возможности. Обзор сталей [Текст] // ЖДМ. – 2007. – № 12. – С. 38-43.

Надійшла до редколегії 24.09.2008.