

СТРУКТУРНИЙ СТАН МЕТАЛУ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІС І РЕЙОК

І. Вакуленко

*Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, м. Дніпропетровськ, Україна*

Постійне зростання інтенсивності експлуатації залізничного транспорту супроводжується підвищенням питомого навантаження на вісь колісної пари та середньої швидкості руху. На підставі цього розроблення заходів, які спрямовані на підвищення експлуатаційної безпеки рухомого складу, є актуальною проблемою. Наведена проблема, своєю чергою, складається із низки питань, одним із яких є оцінка оптимального співвідношення між міцнісними властивостями залізничного колеса і рейки.

Аналіз експериментальних даних показує, що умови мінімального зношення як залізничних коліс, так і рейок досягаються при приблизно однакових значеннях твердості. З іншого боку, відомо, що однаковий рівень міцнісних властивостей може бути досягнутий при різному структурному стані металу.

Так, при охолодженні зі швидкістю, більшою від критичного значення, коли формуються структури за зсувним механізмом, подальшим відпуском можна змінювати рівень твердості в широкому інтервалі. За умови ізотермічного або безперервного охолодження при швидкостях, нижчих від критичного значення, зміна морфології та дисперсності карбідної фази дає також змогу досягти потрібного рівня міцності сталі.

Окрім взаємодії залізничного колеса і рейки по поверхні кочення, експлуатаційна безпека коліс певною мірою залежить від комплексу властивостей металу диска, особливо від величини ударної в'язкості. Зумовлено це виникненням ушкоджень втомного характеру із зародженням тріщин в місцях поблизу обода з внутрішнього боку колеса. Рівень ударної в'язкості, особливо холодостійкості металу, значною мірою залежить від структурного стану, який формується в процесі термічного зміцнення колеса.

За нормативно-технічною документацією залізничні колеса і рейки виготовляють із вуглецевих сталей з різним вмістом вуглецю. Так, для коліс використовуються сталі з кількістю вуглецю в межах 0,55...0,65 %, тоді як для рейок – з більшим вмістом за вуглецем: 0,7...0,8 %. Окрім відмінностей за вуглецем, після зміцнювальних термічних обробок метал коліс і рейок має різний структурний стан.

Структура сталі з кількості вуглецю 0,55...0,65 % після гарячої пластичної деформації складається із перлітних колоній та областей структурно вільного фериту, об'ємна частка якого може досягати 20...25 %. Збільшення швидкості охолодження, як, наприклад, за умови термічного зміцнення залізничного колеса, одночасно із диспергуванням перліту спостерігається зменшення кількості структурно вільного фериту за рахунок формування псевдоевтектоїда. Проте, незважаючи на максимальні швидкості охолодження (обмеження геометричними розмірами обода), сітка феритного прошарку по границях аустенітних зерен усе ж залишається.

З урахуванням епюри навантаження окремих елементів колеса в експлуатації, термічній зміцнюючій обробці піддаються як обод, так і диск, але структурний стан металу в них різний. Так, оптимальною структурою з погляду мінімального зношення та порівняно великих перетинів металу, для ободу вважається пластинковий сорбіт з переривчастою сіткою структурно вільного фериту. З іншого боку, з метою підвищення конструктивної міцності та формування остаточних напружень стискування в ободі, диск піддають примусовому інтенсивному охолодженню. На

підставі цього досягаються умови формування бейнітної структури на визначеній глибині від поверхні. Враховуючи, що необхідний рівень комплексу властивостей диска повинен бути адекватним окремому нагріву сталі з бейнітною структурою до 600...650 °С, технологічно було обґрунтовано використання розігріву поверхневих прошарків від тепла внутрішніх об'ємів. За рахунок розігріву формуються глобулярні структури необхідної дисперсності.

Порівняно з пластинковою формою карбідної фази, яка у вигляді перлітної колонії спроможна витримувати великі пластичні деформації, глобулярні частки навпаки, навіть після ступенів деформації, які призводять до руйнування металу, залишаються практично незмінними. У цьому випадку розвиток процесів деформаційного зміцнення, при навантаженні металу з різним структурним станом, визначить умови зародження і зростання осередків руйнування виробів під час експлуатації.

Так, у разі розташування глобулів цементиту по великокутових границях зерен фериту спостерігається зростання опору вуглецевої сталі процесам зародження і росту тріщин, особливо для понижених температур. Зумовлено наведене положення співвідношенням між кількостями місць зародження та анігіляції дислокацій при пластичному деформуванні.

Міжфазна ферит-цементит границя може виконувати функції як джерела, так і анігіляції дислокацій після елементарного акта пластичної деформації. На підставі цього стає зрозумілим, за рахунок яких чинників експериментально спостерігається підвищення опору зародженню тріщин при збільшенні об'ємної частки глобулярного цементиту. Якщо розмір зерна фериту істотно збільшує міжкарбідну відстань у структурі сталі, зростання об'ємної частки глобулів приводить до збільшення кількості місць зародження дислокацій без зміни кількості місць анігіляції.

В процесі експлуатації виробу зароджені дислокації, кількість яких пропорційна до суми протяжності великокутових і міжфазових границь, здебільшого не можуть бути виведені із системи після акту деформації. В цьому випадку навколо глобулів цементиту буде нагромаджуватися визначена кількість взаємозаблокованих дислокацій. Наведені об'єми металу будуть дуже швидко перетворюватися на осередки майбутніх місць зародження субмікротріщин.

Порівняно зі сталлю для залізничних коліс в рейковій, навіть у гарячекатаному стані, відсутній структурно вільний ферит. На підставі цього, після більшості термічних зміцнюючих обробок, досягаються умови формування порівняно однорідних структур, без структурно вільних фазових складових. Після прискореного охолодження голівки рейки, з урахуванням формування неодмінного градієнта температур по перетину, метал загалом має структури, які утворені за зсувним механізмом з різним ступенем самовідпуску.

Відмінність у структурному стані вуглецевих сталей обов'язково позначається на їх поведінці при циклічному навантаженні. Як свідчать експериментальні дані, при формуванні структур поліпшення величина приросту межі втомлення при одиничному збільшенні межі плинності металу, приблизно на 30 % менша порівняно з аналогічною характеристикою для поліедричної дрібнозеренної структури фериту, з примусовим розташуванням глобулів цементиту на границях зерен.