

## ЗМІНА ТВЕРДОСТІ МЕТАЛУ ПО ПОВЕРХНІ КОЧЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІС ПІСЛЯ ФОРМУВАННЯ ПОВЗУНА

Розглянуто питання стосовно оцінки характеру зміни твердості вздовж дефекту, сформованого під час експлуатації залізничного колеса.

Рассмотрены вопросы оценки характера изменения твердости вдоль дефекта, сформированного при эксплуатации железнодорожного колеса.

The issues re. estimation of character of hardness change along a defect formed during operation of a railway wheel are considered.

В сучасних умовах експлуатації залізничного транспорту, яким відповідають високі рівні тягових та гальмівних потужностей, процес руху відбувається на межі зчеплення. На підставі цього, питання оптимального структурного стану металу залізничних коліс та бандажів набуває достатньо актуального значення. Сьогодні, при виробництві залізничних коліс для внутрішнього використання в Україні, застосовуються вуглецеві сталі на основі базового складу, який відповідає сталі 60 з мікродобавками легуючих елементів. За стехіометрією в таких сталях об'ємна частка структурно вільного фериту має значення в межах 30...14 %.

На основі відомих наукових даних [1, 3, 4], підвищення твердості та міцності вуглецевих сталей, які використовуються для виготовлення залізничних коліс, може бути досягнуто за рахунок упровадження технологій термічного зміцнення. Так, піддаючи прискореному охолодженню обід залізничного колеса (по поверхні кочення), формується визначений градієнт структур залежно від швидкості тепловідводу, який досягається. Якщо в тонкому приповерхневому прошарку металу існує висока вірогідність розвитку структурних перетворень за зсувним або проміжним механізмом (охолодження до температур 400...350 °С), то вже після припинення процесу примусового охолодження послідує розігрів указаних прошарків металу за рахунок внутрішніх об'ємів приведе до визначеного розпаду мартенсито-бейнітних структур. В цьому випадку формуються структури, по зовнішньому вигляду подібні голчастій будові, але з приблизно рівномірним розподілом різної форми і дисперсності часток цементиту [1, 3]. З іншого боку, основний об'єм металу ободу, який піддається примусовому

охолодженню, супроводжується перетворенням аустеніту за дифузійним механізмом, тобто формується суміш із феритних та перлітних ділянок. Причому, чим до більш низької температури охолоджується визначений прошарок ободу, тим формується більш дисперсна перлітна колонія. Одночасно спостерігається зменшення об'ємної частки структурно вільного фериту за рахунок формування псевдоевтектоїда. Необхідно враховувати, що для сталі марки 60, в межах марочного складу для максимальної концентрації вуглецю, об'ємна частка структурно вільного фериту, який виділяється при охолодженні по велико-кутових границях аустенітних зерен, може зменшуватись до двох разів. Таким чином, формування псевдоевтектоїда приведе до додаткового зменшення указаної структурної складової та в решті-решт можуть бути досягнуті умови, коли взагалі присутність структурно вільного фериту буде складно визначити в структурі сталі. Але треба пам'ятати, що присутність визначеної об'ємної частки структурно вільного фериту має вплив на досягнення необхідного рівня ударної в'язкості металу залізничних коліс [2]. На підставі цього, можна з великою вірогідністю вважати, що підвищення міцності сталі за рахунок збільшення вмісту вуглецю з подальшим термічним зміцненням може привести до зниження ударної в'язкості – однієї з характеристик, яка відповідає за опір металу процесам зародження та зростання тріщин при експлуатації залізничних коліс.

*Метою роботи* є оцінка можливої зміни рівня твердості металу по поверхні кочення залізничного колеса після формування повзуна.

Матеріалом для досліджень були залізничні колеса підвищеної твердості (КПТ) з максима-

льним вмістом вуглецю в межах марочного складу виробництва ВАТ «Інтерпайп НТЗ», які були вилучені з експлуатації з причини виникнення дефектів на поверхні кочення. В якості характеристики міцності була вибрана твердість, яку вимірювали за методом Брінелля, з використанням переносного приладу DINA TEST-SC Ernst.

На рис. 1, 2 наведено вигляд сформованих поверхневих ушкоджень двох залізничних коліс однієї колісної пари.



Рис. 1. Зовнішній вигляд ушкодження по поверхні кочення залізничного колеса 1



Рис. 2. Зовнішній вигляд ушкодження по поверхні кочення залізничного колеса 2

З урахуванням місць розташування ушкоджень та за зовнішніми ознаками, можна з достатньою впевненістю вважати, що причиною формування дефекту (вищербини металу) є по-

взун [3]. Характер зміни твердості металу по поверхні кочення вздовж повзуна для досліджуваних коліс наведено на рис. 3, 4. За зовнішніми ознаками наведені ушкодження підрозділяють на дві підгрупи: перша – це коли виникають вищербини обумовлені формуванням розшарувань металу на визначеній глибині від поверхні кочення і друга – коли розшарування відсутні. Ушкодження, яке наведено на рис. 1, може бути віднесене до першої групи. Незважаючи на те, що прошарок металу, на якому поводитись вимірювання твердості (рис. 3), в дійсності частково був відокремлений розшарування на глибині до 5 мм), характер зміни *HB* не має випадкового вигляду. Як для першого, так і для другого коліс (рис. 3, 4), по мірі віддалення від візуально визначеної границі появи повзуна, спостерігається монотонне підвищення твердості.

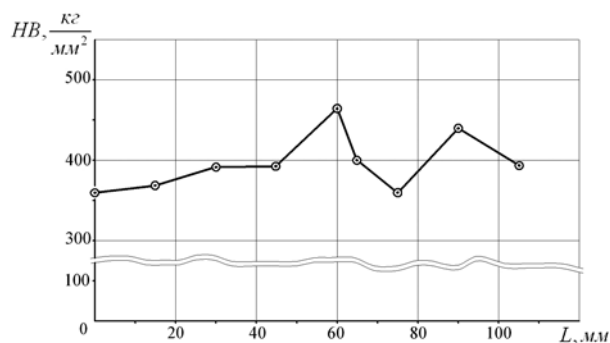


Рис. 3. Зміна значень твердості *HB* при вимірюванні у вздовж повзуна на колесі 1

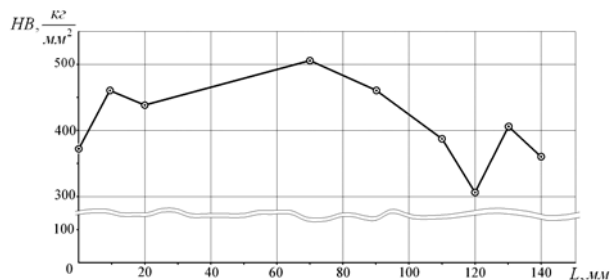


Рис. 4. Зміна значень твердості *HB* при вимірюванні у вздовж повзуна на колесі 2

Приблизно в середині повзуна досягаються найвищі значення *HB*. Наведений екстремальний характер зміни твердості вздовж повзуна має своє пояснення. Так, прошарок металу залежно від відстані від поверхні кочення має визначений градієнт накопичених дефектів кристалічної будови. В процесі експлуатації залізничне колесо, за рахунок взаємодії з гальмівними колодками, піддається розігріву по поверхні кочення. Причому, як і розподіл дефектів кристалічної будови, які введені в метал

колеса від взаємодії з рейкою, так і температура розігріву знижується від поверхні кочення у глибоку ободу. Таким чином, можна з упевненістю вважати, що залежно від відстані від поверхні кочення углиб металу ободу маємо набір структур, в яких відбулися процеси структурних перетворень у визначеному порядку. Найбільш наближені до поверхні кочення прошарки металу з підвищеним ступенем пластичної деформації (максимальна накопичена щільність дефектів кристалічної будови, в першу чергу дислокацій) можуть бути розігріті до температур початку фазових перетворень [4]. Для більш заглиблених об'ємів стан металу відповідає умовам розвитку процесів структурних перетворень при одночасному зменшенні ступеня наклепу і температури нагріву. Таким чином, до формування повзуна обід залізничного колеса після процесу гальмування, за рахунок розвитку процесів динамічної рекристалізації в найбільш наближених до поверхні кочення об'ємах, повинен мати більшу ступінь зниження твердості порівняно з більш заглибленими прошарками. Річ у тому, що коли ступеня деформації недостатньо або температура занадто низька для розвитку рекристалізації, зміна комплексу властивостей обумовлена протіканням процесів полігонізації [1, 3] або деформаційного старіння [1]. Справа у тому, що для сталей з підвищеним вмістом вуглецю, таких як наприклад сталь марки 60, чим вище ступінь зміцнення за рахунок пластичної деформації, тим вище буде зниження характеристик міцності за рахунок розвитку рекристалізації [1]. З іншого боку, неоднорідність наклепу металу по ширині поверхні кочення, частота, час та швидкість розігріву можуть суттєво впливати на градієнт структурного стану металу ободу і, як наслідок цього, змінювати міцність в широкому інтервалі значень.

Формування повзуна веде до підвищення температури розігріву металу з одночасним зніманням розігрітого прошарку металу. Таким чином, у першому наближенні можна вважати, що після знімання сегменту металу по поверхні кочення формується площадка, а підвищений розігрів компенсується тепловідводом по всій площині контакту до холодних об'ємів колеса та рейки. На підставі розвитку процесів за наведеною схемою, повзун повинен привести до зниження твердості металу на його периферійних ділянках.

Аналіз експериментальних даних по вимірюванню твердості вздовж повзунів на двох колесах однієї колісної пари якісно підтверджує наведені пояснення та узагальнення. Максимальні значення  $HB$  (положення екстремуму на залежності  $HB$  від  $L$ , рис. 3, 4 ) приблизно відповідають середині повзуна. Як для першого, так і для другого колеса на залежності  $HB = f(L)$  спостерігається існування другого екстремуму. Після заміру геометричних розмірів коліс було визначено, що наведені екстремальні значення  $HB$  можуть бути пов'язані з існуванням додаткових, значно менших розмірів повзунів з границями, які складно визначити. Це можуть бути повзуни, які в процесі експлуатації колеса були частково закатані, хоча характер зміни  $HB$  залишився якісно незмінним.

### Висновки

1. Екстремальний характер зміни твердості по поверхні кочення колеса вздовж площадки формування повзуна обумовлений різним ступенем розвитку процесів структурних перетворень при нагріві холоднодеформованого металу.
2. Несвоєчасне визначення повзунів малих розмірів може привести до їх вуалізації при експлуатації коліс і, як наслідок, до розвитку розглянутих процесів структурних перетворень в металі до формування ушкоджень по поверхні кочення.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бабич, В. К. Деформационное старение стали [Текст] / В. К. Бабич, Ю. П. Гуль, И. Е. Долженков. – М.: Металлургия, 1972. – 320 с.
2. Терентьев, В. Ф. Влияние размера зерна на сопротивление усталости металла [Текст]. – В кн.: Усталость и вязкость разрушения металлов / В. Ф. Терентьев, В. Г. Пойда. – М.: Наука, 1974. – С. 109-140.
3. Дефекти залізничних коліс [Текст] / І. О. Вакулєнко [та ін.]. – Д.: Маковецький, 2009. – 112 с.
4. Стародубов, К. Ф. Влияние термической обработки на прочность железнодорожных колес [Текст]. – В кн.: Вопросы производства цельнокатаных колес / К. Ф. Стародубов, В. Я. Савенков. – М.: Металлургия, 1969. – С. 71-77.

Надійшла до редколегії 11.01.2010.

Прийнята до друку 22.01.2010.