

УДК 539.422.24; 620.186.4

А. Сорочак, к.т.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ВПЛИВ СТРУКТУРНОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ МАТЕРІАЛУ ОСЕЙ КОЛІСНИХ ПАР ЛОКОМОТИВІВ НА МІКРОМЕХАНІЗМИ РОСТУ ВТОМНИХ ТРІЩИН

A. Sorochak, Ph.D., Assoc. Prof.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

THE INFLUENCE OF STRUCTURAL INHOMOGENEITY OF THE MATERIAL OF THE WHEEL PAIR AXLES OF LOCOMOTIVES ON THE MICRO-MECHANISMS OF THE FATIGUE CRACKS GROWTH

Abstract. To assess the residual resource of the axles of wheel pairs of railway transport and predict their durability, it is necessary to take into account the features of the structural inhomogeneity of the material. The reason for the inhomogeneity in the material of wheel pair axles is their manufacturing technology. The regularities of fatigue crack propagation in the axle material of a wheel pair are summarized.

Для оцінки залишкового ресурсу важливих елементів конструкцій, що працюють в умовах втоми, таких як осі колісних пар залізничного транспорту, та прогнозування їх довговічності необхідно враховувати особливості структурної неоднорідності матеріалу.

Причиною виникнення неоднорідності в матеріалі осей колісних пар залізничного транспорту є технологія їх виготовлення. Найбільший вплив на формування мікроструктури матеріалу осей в процесі виготовлення мають особливості процесів ліквідації і фазових перетворень в сталі, а також температурно-деформаційні параметри обробки прокату. Зокрема, значна роль тут відводиться величині деформації центральної зони заготовки при обтисканні на блюмінгу. При прокаті заготовок значного діаметру величина деформації вздовж перерізу є нерівномірною, що спричиняє формування нерівномірної структури матеріалу [1].

Іншим чинником, що впливає на неоднорідність структури матеріалу, є режим нормалізації осі та нерівномірне остигання матеріалу вздовж перерізу. Нерівномірність структури в свою чергу призводить до деякої нерівномірності механічних властивостей матеріалу вздовж перерізу осі колісної пари [2].

Для дослідження тріщиностійкості матеріалу випробовували серію плоских зразків з центральною тріщиною за одновісного розтягу з коефіцієнтом асиметрії циклу навантаження $R = -1$ та $R = 0$. Зразки вирізалися на різній відстані від центру осі – 20, 50 та 80 мм, що дозволило відстежити вплив структурної неоднорідності матеріалу на мікромеханізми росту втомних тріщин.

Поверхні руйнування зразків на ділянках з різним КІН досліджували на растровому електронному мікроскопі РЕМ-106И в режимі вторинних електронів. Для кількісного аналізу отриманих зображень використовували спеціалізоване програмне забезпечення CARPA ImageBase.

Проведені мікроструктурні дослідження матеріалу осі на різній відстані від її центру виявили певну неоднорідність структури, що проявляється в зменшенні середнього розміру зерна зі збільшенням радіусу вирізки зразків. Структура містить дрібні зерна фериту та перліту неправильної форми. Межі зерен звивисті, часто незамкнуті. Розмір зерна має значний розкид, середнє значення залишається в межах номера зерна 7-7,5. Слід зазначити, що для всіх досліджених ділянок середній розмір

зерна залишається в межах, встановлених нормативними документами – не більше 5-го номеру.

За результатами фрактографічних досліджень встановлено, що в зразках вирізаних на відстані 20 та 80 мм від центру осі було реалізовано схему втомного поширення тріщини. Проте, у зразках вирізаних на відстані 50 мм від центру спостерігали змішаний (втома + квазісколювання) механізм поширення тріщини.

Вплив негативних асиметрій протягом поширення втомної тріщини спричинив два основні ефекти, які спостерігали у нашому випадку [3]:

- а) змінання нерівностей та збільшення ефективного розмаху розкриття тріщини;
- б) відсутність змінання – тоді спостерігали зниження швидкості поширення втомної тріщини.

Крім того, є відмінності на ділянці передруйнування та квазістатичного долому. Для зразків із $R = 0$ виявлено пусті ямки, форма яких є близькою до вирваних із матеріалу частинок дисперсних включень. Для матеріалу, дослідженого за $R = -1$, виявлено вкриті великі включення, розміщені у порожнинах, що утворилися навколо них протягом пластичного деформування. Створюючи ділянки локальних пластичних деформацій, вони водночас перешкоджають проходженню фронту тріщини через них. Внаслідок цього фронт тріщини «подрібнюється» і вкривається розорієнтованими терасами.

За морфологічними особливостями втомного зламу можна оцінити вплив циклічного навантаження на мікролокалізації деформаційних процесів у матеріалі (табл. 1).

Табл. 1. Узагальнені закономірності поширення втомної тріщини в матеріалі осі колісної пари

R	Основні механізми руйнування зразків із різних зон вирізання		
	A (r = 20 мм)	B (r = 50 мм)	C (r = 80 мм)
0	Борозенковий (чіткі впорядковані борозенки) Фасетки сколювання. Ямки відриву	Фасетки сколювання. Фасетки руйнування перлітних зерен. Псевдоборозенки	Борозенковий (чіткі впорядковані борозенки)
-1	Борозенковий (чіткі впорядковані борозенки) Великі фасетки сколювання, декоровані борозенками	Фасетки сколювання перлітних зерен. Злам має в'язко-крихкий вигляд, подібний до квазістатичного руйнування	Борозенковий (чіткі впорядковані борозенки)

Одержані результати дозволяють стверджувати, що макро- та мікрозакономірності поширення втомних тріщин у матеріалі осі колісної пари залежить від структури матеріалу, сформованої протягом технологічного процесу виготовлення.

Література.

1. Effect of billet strained condition on microstructure homogeneity of railway axles [Text] / G. V. Levchenko, E. G. Dyomina, E. E. Nefedyeva, I. D. Buga, Y. G. Antonov, G. A. Medinskiy // Metallurgical and Mining Industry. – 2010. – Vol. 2. – P. 207-214.
2. Sorochak, A. Cyclic fracture toughness of railway axle and mechanisms of its fatigue fracture / A. Sorochak, P. Maruschak, O. Prentkovskis // Transport and Telecommunication. – Vol. 16, No. 2. – 2015. – P. 158-166.
3. Maruschak, P. Effect of Load Ratio on Fatigue Failure Micromechanisms of Railway Axle Steel / P. Maruschak, A. Sorochak, S. Panin // Applied Mechanics and Materials. – Vol. 770. – 2015. – P. 209-215.