

І.А. Пятигін, С.І. Трубачев

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського, м. Київ

МОНІТОРИНГ ВТОМНИХ ПОШКОДЖЕНЬ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

Змінні напруження є причиною виникнення втомних пошкоджень у деталях та конструкціях машин. Для українських залізниць ця проблема актуальна через використання великої кількості залізничного рухомого складу з продовженням початково поставленим строком служби.

Через складність виявлення тріщин докритичних розмірів візуальним методом необхідна розробка інструментальних методів для збереження часу та матеріалів.

Для досліджень використовували зразки зі стиковим зварним з'єднанням із листової маловуглецевої сталі Ст. 3сп товщиною 14 мм. Попередньо зварену устик пластину розрізали на зразки розміром 40×400×14 мм із поперечним швом, отриманим напівавтоматичним зварюванням у середовищі вуглекислого газу. Це дозволило зменшити до мінімуму залишкові напруження в зразках. У частині зразків пришовну зону зварного шва було зміцнено за допомогою високочастотної механічної проковки(ВМП).[1]

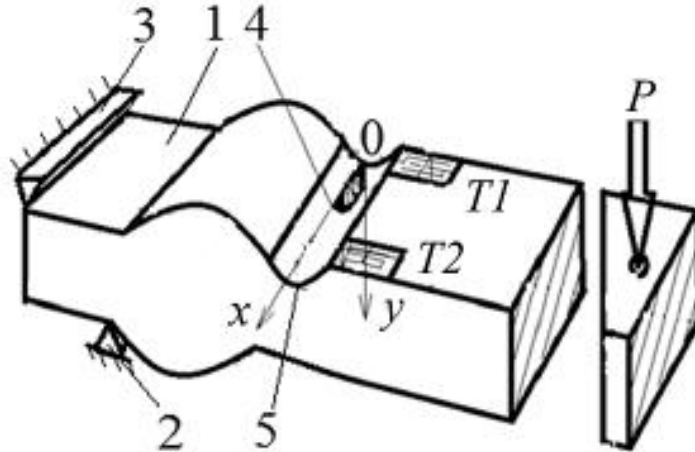


Рис. 1. Схема навантаження зразка: 1 – зразок; 2, 3 – опори; 4 – тріщина; 5 – рівничок

Випробування зразків на триточковий згин проводили на установці ДСО-2. Зразок установлювався в нерухомі опори (рис. 1) і зазнавав деформування періодично діючою силою P з частотою 20 Гц. Втомна тріщина виникала в площині xOy , збільшувалась вздовж рівничка, що утворився після ВМП пришовної поверхні зразка. Деформації поверхні зразка вимірювали тензорезисторами $T1$ та $T2$. На необроблених ВМП зразках тензорезистори наклеювали біля валика зварного шва.[1]

Реєстрацію втомних тріщин візуально здійснювали за допомогою мікроскопа МБС-2 з двадцятикратним збільшенням [1].

Методика різниці амплітуд. Прилад АВК-Т2 під'єднували до клем тензопостів тензорезисторів $T1$, $T2$ та термокомпенсаційного тензорезистора. Значення деформацій поверхні зразка відображалось на рідкокристалічному екрані приладу. Записували деформацію при нульовому і максимальному навантаженні зразка P . Після цього продовжували його циклічне навантаження [1].

Різницю деформацій $\Delta\varepsilon$ поверхні зразка при $P=P_{\max}$ і $P=0$ розраховували за формулою:

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_{T2} - \varepsilon_{T1}.$$

При постійному значенні максимальних напружень згину за багатоциклової втоми зразка збільшення величини $\Delta\varepsilon$ свідчить про виникнення у ньому втомних пошкоджень.

Результати вимірювань абсолютної величини $|\Delta\varepsilon|$ при випробуваннях на втому зразків із довговічністю $N_p=10^5 \dots 10^6$ цикл дозволяють виявити виникнення втомних пошкоджень.

Випробування зразків № 49 і В12 здійснювали за максимальних номінальних напружень згину $\sigma_{\max}=283$ і 412 МПа відповідно (рис. 2). Зразок № В12 сув зміцнений ВМП.

Довговічність N_p зразка №49 складає $1,06 \cdot 10^6$ цикл. Тріщина довжиною $1,5$ мм виникла після $6,63 \cdot 10^5$ цикл.

У зразку №В12 першу магістральну тріщину довжиною 3 мм виявлено візуально після $1,6 \cdot 10^5$ цикл, другу довжиною 13 мм – після $2,6 \cdot 10^5$ цикл, при цьому $N_p=3,14 \cdot 10^5$ цикл [1].

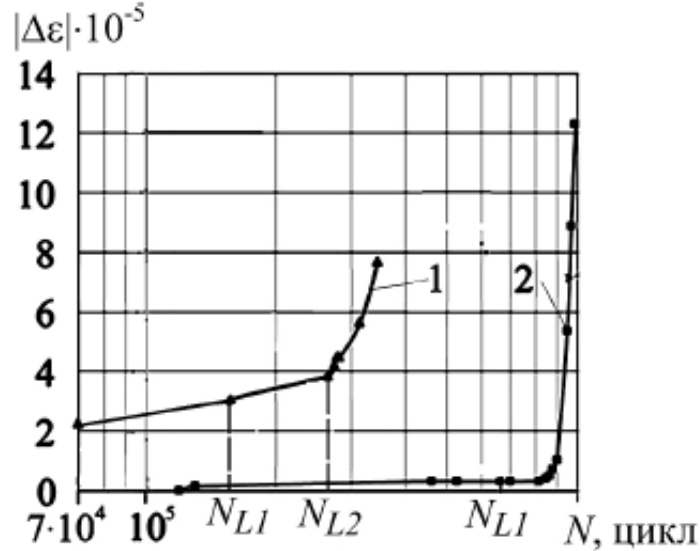


Рис. 2. Залежність абсолютного значення різниці відносних деформацій зразків $|\Delta \epsilon|$ від числа циклів навантаження N : 1 – зразок № В12; 2 – зразок № 49. (N_{L1} , N_{L2} – число циклів до візуального виявлення першої та другої тріщини)

Причиною зниження опору втомі зварних швів в умовах дії повторно-ударного навантаження та низької температури є різного виду дефекти, розміри яких становлять від 10 мкм і більше. За їх відсутністю негативного впливу ударного навантаження за низьких температур не спостерігається. Наявність дефектів є однією з причин збільшення частоти виникнення тріщин та руйнування елементів конструкцій, тому актуальні удосконалення методів їх виявлення.[1]

Висновок

Використання методики різниці амплітуд дозволяє виявляти у зварних з'єднаннях у початковому стані магістральні тріщини довжиною 1 мм шляхом реєстрації різкого збільшення $|\Delta \epsilon|$. При цьому початкове збільшення $|\Delta \epsilon|$ свідчить про появу втомних пошкоджень.

Список використаних джерел

1. А.О. Лукашевич, В.А. Леонєць, Л.М. Чаус. Тензометричний метод виявлення втомних тріщин докритичних розмірів у зварних з'єднаннях маловуглецевої сталі // Проблеми прочності, 2015, №3
2. Лукашевич Андрій Олександрович. Моніторинг втомних пошкоджень зварних з'єднань несучих конструкцій залізничних локомотивів - дисертація