

Контроль поточного стану металу стрілкового переводу в процесі напрацювання

В. П. Швець, М. Р. Музика, І. В. Маковецький, П. О. Булах

Інститут проблем міцності ім. Г. С. Писаренка НАН України, Київ, Україна

Наведено результати дослідження пошкодженості металу залізничного стрілкового переводу в процесі експлуатації за параметрами розсіяння характеристик твердості. Запропоновано показники оцінки степені пошкодженості металу.

Ключові слова: стрілковий перевід, пошкодженість, розсіяння твердості, однорідність матеріалу.

Вступ. Основні несучі конструкції залізничного транспорту працюють в екстремальних умовах експлуатації, що зумовлює проведення надійного моніторингу їх поточного технічного стану.

Одним із відповідальних вузлів залізничної колії є стрілковий перевід, який має складну конструкцію і в процесі експлуатації зазнає постійного високого руйнівного навантаження, що призводить до його пошкодженості та погіршення робочої здатності. Це зумовлено дією циклічних навантажень та іншими чинниками, що мають випадковий характер (перепади температур, опади, пилове та інше забруднення) і сприяють виникненню різних видів пошкоджень (знос, фізичне старіння, відколи металу та ін.). При досягненні граничного рівня накопичених пошкоджень роботоздатність стрілкового переводу порушується, що призводить до його заміни.

Більшість відомих методів контролю поточного стану матеріалу конструкції після різних термінів експлуатації базується на аналізі результатів прямих (методи металографії, зважування і ін.) або непрямих (методи внутрішнього тертя, акустичної емісії, електричного опору та ін.) вимірювань [1], а за міру пошкодженості зазвичай приймають щільність об'ємних і поверхневих дефектів структури матеріалу (пори, мікротріщини та ін.).

Широке використання при оцінці деградації металу внаслідок накопичення пошкоджень отримав також метод твердості [2]. На жаль, більшість відомих методів, у тому числі і метод твердості, мають істотні недоліки, які зумовлені відсутністю стійкої кореляції між вимірюваною величиною та характеристиками механічних властивостей і структурного стану матеріалу. Тому дослідження щодо вдосконалення методів неруйнівного контролю кінетики стану матеріалу в процесі напрацювання мають велике практичне застосування.

Найбільш перспективним, із точки зору авторів, є метод LM-твердості [3]. Цей метод, як показано в роботі [4], вигідно відрізняється від існуючих підвищеною точністю при оцінці пошкодженості в процесі експлуатації виробу завдяки проведенню контролю стану матеріалу за статистичними параметрами розсіяння характеристик твердості при масових вимірюваннях. Про доцільність широкого використання методу свідчать позитивні результати щодо його достовірності, простоти та зручності практичного застосування.

Методика проведення експерименту. Представлені нижче експериментальні результати отримано при вивченні процесу накопичення пошкоджень у рейковій сталі під час експлуатації стрілкового переводу. Вимірювання твердості *HRB* проводили портативним твердоміром виробництва фірми ERNST (Швейцарія) згідно з методикою, яка описана в роботах [4, 5]. Методика базується на масових вимірюваннях твердості матеріалу, степінь розсіювання яких суттєво залежить від однорідності структури і, як наслідок, рівня її пошкодженості: чим більша неоднорідність структури, тим більше розсіювання вимірюваних характеристик твердості.

Результати досліджень. Стрілковий перевід представляє собою рамну конструкцію, що примикає до рейки у вигляді вістряка, який, як показує досвід, у процесі експлуатації найбільше пошкоджується. Тому для контролю кінетики накопичення пошкоджень вістряка було вибрано три характерні зони: початкова частина вістряка, на відстані 0,5 і 1,0 м від початку вістряка та для порівняння рамна рейка.

Рейкову сталь досліджували як у початковому (непошкодженому) стані, так і після різних термінів експлуатації. Проведений хімічний аналіз сталі (таблиця) показав, що за складом вона відповідає вимогам ДСТУ [6, 7].

Хімічний склад рейкової сталі (%)

№ зразка	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	As	Al
1	0,78	0,28	0,99	0,021	0,032	0,04	0,04	0,007	0,02
2	0,76	0,29	1,00	0,020	0,031	0,04	0,02	–	0,02

За результатами 30 вимірювань визначали характеристики розсіювання отриманих значень твердості металу стрілкового переводу, а саме: коефіцієнт гомогенності Вейбулла m .

На рис. 1 представлено осереднені значення твердості, які визначали після експлуатації, та результати досліджень накопичення пошкоджень у рейковій сталі в процесі напрацювання. Із рис. 1,а видно, що твердість практично залишається на одному рівні, в той час як коефіцієнт гомогенності Вейбулла m поступово знижується (рис. 1,б).

Результати досліджень свідчать, що після напрацювання (57,6 млн. т бруто проходження рухомого складу) твердість сталі рамної рейки збільшилась приблизно на 5,6%, у початковій частині вістряка – на 12,3%, у той час як коефіцієнт гомогенності m , що характеризує степінь розсіювання значень твердості, зменшився для рамної рейки в 3,8 раза, для початкової частини вістряка – у 6 разів.

Представлені дані показують, що за характеристиками твердості металу не можна судити про його поточний стан. Більш інформативним є розсіювання їх характеристик.

Для оцінки пошкодженості металу елементів стрілкового переводу запропоновано параметр Δm у вигляді відношення різниці коефіцієнтів гомогенності Вейбулла, що визначаються у початковому $m_{\text{п}}$ і поточному $m_{\text{пт}}$ станах металу, до їх значення у початковому стані $m_{\text{п}}$:

$$\Delta m = (m_{\Pi} - m_{\Pi T}) / m_{\Pi} \quad (1)$$

Параметр Δm показує, наскільки змінився стан металу внаслідок накопичення пошкоджень зі збільшенням напрацювання в мільйонах тонн брутто проходження рухомого складу.

Низькому рівню пошкоженості металу відповідають малі значення параметра Δm , і навпаки, при зростанні дефектів вони збільшуються.

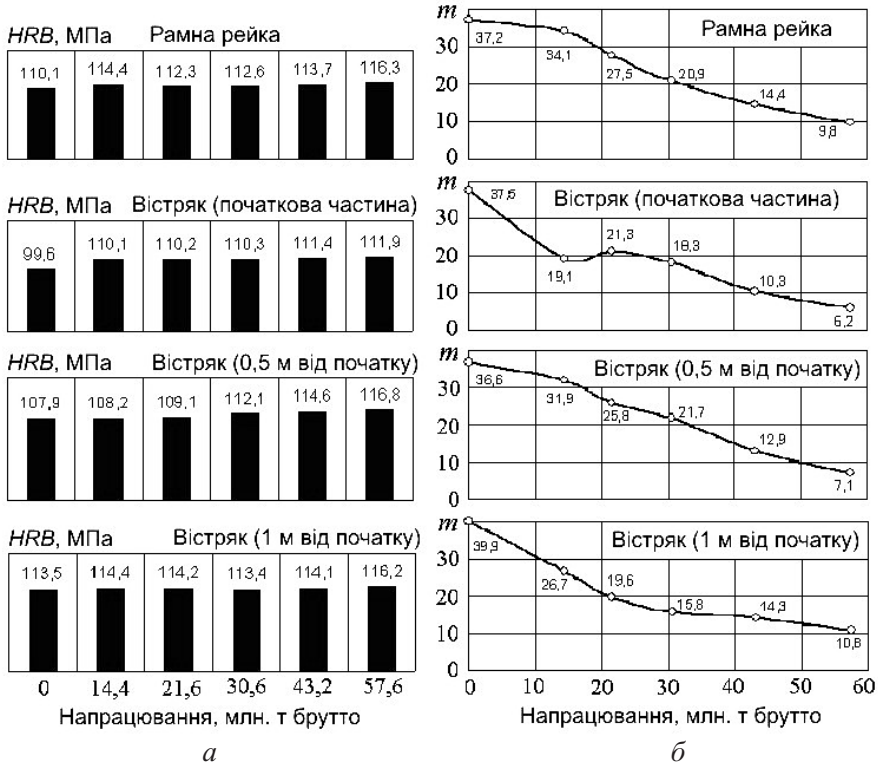


Рис. 1. Залежність твердості (а) і коефіцієнта гомогенності (б) сталі стрілкового переводу від напрацювання.

Наведені на рис. 2 експериментальні дані дозволяють встановити кінетику накопичення пошкоженості в металі стрілкового переводу, оцінити його поточний стан у залежності від напрацювання і визначити залишковий ресурс. За граничне значення параметра Δm для досліджуваного стрілкового переводу прийнято його значення, що відповідає установленому при експлуатації граничному терміну напрацювання 57,6 млн. тонно-кілометрів брутто (проти нормованого значення гарантійного терміну експлуатації стрілкових переводів – не менше 65 млн. тонно-кілометрів брутто, що відповідає проходженню десятків тисяч залізничних потягів). Це значення характеризує максимальний знос досліджуваного стрілкового переводу і за його досягнення проводяться роботи щодо його заміни.

При напрацюванні, що складає 57,6 млн. тонно-кілометрів брутто, найбільш пошкодженим елементом стрілкового переводу є вістряк, а найменш – рамна рейка. Якщо орієнтуватися на умовні граничні значення напрацювання і

мати поточні значення твердості матеріалу рейки, то можна визначити залишковий ресурс за наведеними на рис. 2 кривими, приймаючи їх за тарувальні залежності пошкодженості металу стрілкового переводу від напрацювання.

Для оцінки інтенсивності росту пошкодженості металу елементів стрілкового переводу запропоновано параметр δ у вигляді відношення різниці коефіцієнтів гомогенності Вейбулла, що визначаються у початковому $m_{\text{п}}$ і поточному $m_{\text{пт}}$ станах металу, до їх значення у поточному стані $m_{\text{пт}}$:

$$\delta = (m_{\text{п}} - m_{\text{пт}}) / m_{\text{пт}}. \quad (2)$$

Із представлених на рис. 3 результатів видно, що процес накопичення пошкоджень внаслідок напрацювання більш інтенсивно протікає в початковій частині вістряка, а менш інтенсивно – у рамній рейці і у вістряку на відстані 1 м від його початку.

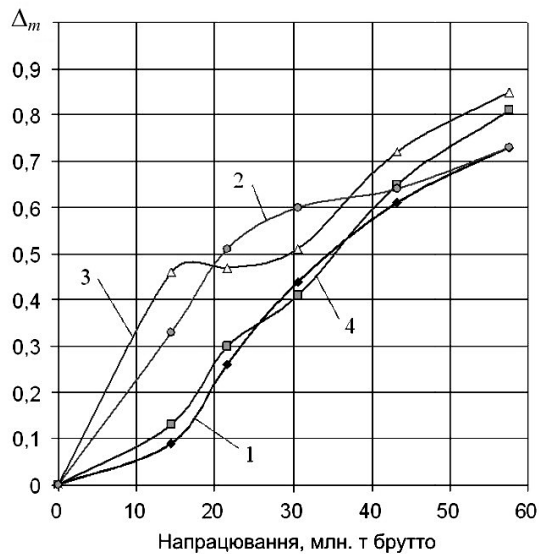


Рис. 2. Залежність пошкодженості металу рамної рейки і вістряка в оцінці параметром Δm від напрацювання. (Тут і на рис. 3: 1 – рамна рейка; 2 – початкова частина вістряка; 3 – на відстані 0,5 м від початку вістряка; 4 – 1 м від початку вістряка.)

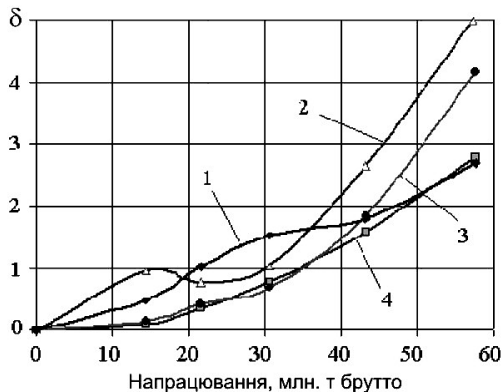


Рис. 3. Інтенсивність накопичення пошкоджень у металі рамної рейки і вістряка в оцінці параметром δ .

Висновки

1. Запропоновано нову методику оцінки накопичення пошкоджень металу стрілкового переводу в процесі напрацювання за допомогою параметрів δ і Δm . Це дозволяє оцінити стан структури матеріалу за розсіянням характеристик твердості.

2. Параметр δ характеризує інтенсивність росту пошкоджень і стійко корелює з кінетикою їх накопичення в металі стрілкового переводу. Величина Δm показує, наскільки змінився стан металу внаслідок накопичення пошкоджень зі збільшенням напрацювання в порівнянні з його початковим станом.

3. Показано ефективність використання методу LM-твердості при проведенні оцінки технічного стану металу стрілкового переводу в процесі його експлуатації. Метод LM-твердості можна використовувати безпосередньо для проведення технічної діагностики елементів інших конструкцій залізничного транспорту без суттєвого пошкодження стану їх поверхні.

Резюме

Приведены результаты исследования поврежденности металла железнодорожного стрелочного перевода в процессе эксплуатации по параметрам рассеяния характеристик твердости. Предложены показатели оценки степени поврежденности металла.

1. Дрозд М. С. Определение механических свойств металла без разрушения. – М.: Металлургия, 1965. – 171 с.
2. Махутов Н. А., Зацаринный В. В., Базарас Ж. Л. и др. Статистические закономерности малоциклового разрушения. – М.: Наука, 1989. – 253 с.
3. Патент України № 52107А, МКИ 7 G 01 N 3/00, G 01 N 3/40. Спосіб оцінки деградації матеріалу внаслідок накопичення пошкоджень в процесі напрацювання, LM-метод твєдості” / А. О. Лебедев, М. Р. Музика, Н. Л. Волчек. – Чинний з 15.01.03. Бюл. № 1.
4. Лебедев А. А., Музыка Н. Р., Волчек Н. Л. Определение поврежденности конструкционных материалов по параметрам рассеяния характеристик твердости // Пробл. прочности. – 2002. – № 4. – С. 5 – 11.
5. Лебедев А. А., Музыка Н. Р., Волчек Н. Л. Новый метод оценки деградации материала в процессе наработки // Залізничний транспорт України. – 2003. – № 5. – С. 30 – 33.
6. ДСТУ 3585-97. Рейки залізничні для колій промислового транспорту. Загальні технічні умови. – Чинний з 01.07.1999.
7. ДСТУ 4814-2007. Рейки вістрякові типів ОР 50 і ОР 65. Загальні технічні умови. – Чинний з 30.07. 2007.

Поступила 06. 04. 2009