



ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БАЗОВИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ШЛЯХОМ КОНТРОЛЮ ТВЕРДОСТІ ЇХНЬОЇ ПОВЕРХНІ

С. Білодіденко¹, доктор технічних наук, професор, В. Гануш¹, старший виклад, М. Петров¹ студент, ¹Національна металургійна академія України, М. Островсрхов², к.т.н. доцент, ²Дніпровський національний університет залізничного транспорту ім. Лазаряна В.А., м.Дніпро, Україна

Анотація. Базові несучі конструкції визначають загальний термін експлуатації об'єктів, оскільки не підлягають заміні. Тому їх технічний стан визначається за допомогою неруйнівних методів контролю. Розглянуто особливості застосування методу контролю твердості для з'ясування ступеню деградації металу після довготривалої експлуатації. Знайдено лінійний зв'язок між циклічною в'язкістю руйнування сталі і коефіцієнтом варіації твердості сталі 09Г2С.

Базові конструкції об'єктів рухомого складу і інфраструктури залізничного транспорту визначають їх термін експлуатації. Якщо більшість елементів механічної системи можуть декілька разів бути зміненими за її кампанію, то для базових конструкцій, які здебільшого виготовляють із металу, такої можливості, практично, не існує. До базових конструкцій належать рами і шасі рухомого складу, станини, каркаси і корпуси промислового устаткування, шляхові мости і ферми, то що. Втрата несучої здатності базовою конструкцією сигналізує про необхідність виведення об'єкта з експлуатації.

Сучасний стан розвитку техніки характеризується відходом від нормативної стратегії обслуговування, контроль технічного стану не має суттєвого значення. Упор тут робиться на підтримку останнього шляхом суворо періодичних ремонтів. Але зараз провідне положення займає стратегія обслуговування за фактичним технічним станом, де суттєвого значення набуває його контроль. Періодичність і обсяг ремонтів перестають бути незмінними, а визначаються в залежності від технічного стану. Як свідчить практика, при такому підході збільшується надійність і безпека об'єктів. Вагомою перевагою проактивної стратегії є зменшення питомих витрат на технічне обслуговування і ремонт. Все це тягне до продовження експлуатації об'єктів понад нормативно – амортизаційні терміни. Таке рішення приймається після ретельного дослідження технічного стану із застосуванням засобів технічної діагностики.

Метод діагностування стану металів за параметрами твердості (LM – метод) в останні роки набуває широкого розповсюдження [1]. На відміну від більшості фізичних методів неруйнівного контролю, методів дефектоскопії, цей метод найближче пов'язаний з традиційними способами визначення механічних властивостей, які відбуваються шляхом руйнування зразків. В цьому випадку певній руйнації піддаються тільки незначні ділянки поверхні конструкції, які не впливають в подальшому на її властивості. При входженні індентора у напівпростір в охресті контакту виникають розтягуючі напруги, що створюють умови для зародження і розвитку радіальних, медіанних (осьових) і бічних тріщин. Умови навантаження матеріалу в зоні контакту з



індентором, практично, є адекватними умовам стандартних випробувань на тріщиностійкість: в приконтактних областях діють напруги розтягання, що забезпечують умови нормального відриву в осьових перетинах відбитка [2].

Ступінь пошкоджуваності матеріалу оцінюється не за абсолютними значеннями твердості, а за параметрами розсіювання її значень, як більш показними, ніж сама твердість. Розсіювання чи розпорошення показників твердості обумовлено неоднорідністю структури матеріалу, що характеризується наявністю зернистості, хімічних флуктуацій, сторонніх включень, пор і інших дефектів. Означені фактори слугують причинами зародження мікротріщин. Отже, розпорошення твердості пов'язане зі зміною характеристик в'язкості руйнування. Це забезпечує підвищення інформативності і точності оцінки деградації матеріалу даним методом.

На початку 2000 років автори застосовували метод вимірювання твердості для з'ясування ступеню пошкодженості рами автомотриси АДМ і АГВ після 30 років експлуатації. Ця операція входила складовою частиною досліджень при визначенні терміну продовження експлуатації парку автомотрис даного типу. Рама автомотриси АДМ має дві поздовжні балки, які з'єднані між собою системою поперечних балок. Поздовжні балки виконані із сталі 3пс в швелері №30. Виміри проводилися портативним електронним твердоміром ТДМ-1, який одночасно реєструє і твердість, і межу міцності. Випробуванням на твердість піддавалися діючі екземпляри автомотрис АГВ і АДМ в місцях з різним рівнем напруженості (стінка і полку швелера).

Результати досліджень вказують на більш високу (на 18-35%) твердість полиць швелерів, що може пояснюватися наклепом після циклічних деформацій. Різниця в твердості, виміряна в трьох автомотрисах може вважатися не значущою. Тому для оцінки залишкового ресурсу рам АДМ можна використовувати характеристики опору втомі, отримані для рам автомотрис АГВ.

В цілому, взаємозв'язок між твердістю поверхні і характеристиками опору втомі має низьку кореляцію, оскільки ці величини відображають різні властивості. Більш надійний зв'язок спостерігається між твердістю і межею міцності матеріалу, що унормовано відповідним стандартом. У свою чергу, в рамках роботи з продовження ресурсу автомотрис ДМС і АГВ отримана взаємозв'язок між статичними характеристиками міцності і характеристиками опору втомі. Таким чином, неруйнівний контроль шляхом вимірювання твердості мав на меті ідентифікацію рівня властивостей матеріалу. На жаль в цих дослідженнях не вдалося за допомогою контролю твердості виявити ступінь пошкодження. Це було обумовлено, на наш погляд, малою кількістю дослідів. Використаний твердомір не зовсім підходить для досліджень натурних конструкцій. На теперішній час створено більш удосконалені твердоміри, де заміри проводяться більш спрощено, що дозволяє зробити більше замірів на меншій площині.

Більш ефективну оцінку деградації металу шляхом вимірювання твердості автори провели для металевих конструкцій, що відпрацювали 14 років у якості кожуху агрегату. Кожух виготовлено зі сталі 09Г2С, яка досить часто використовується в рамках вагонів і локомотивів. Зразки для механічних випробувань було вирізано з 3 зон кожуху, що різнилися умовами експлуатації.

Дослідження твердості проводили на зразках, які попередньо були випробувані на циклічний триточковий згин. В результаті було отримано показники циклічної в'язкості

руйнування K_{fc} . Вимірювалась твердість зразків з різних зон кожуху. Для вимірювань твердості був використаний портативний ультразвуковий твердомір NOVOTEST ТУ-ДЗ та перетворювач У1. Вимірювання здійснюється контактним-резонансним методом за допомогою алмазного індентора. Він залишає малопомітний відбиток малого розміру. Перед початком вимірювань усі зразки були відшліфовані. Потім їхня поверхня була поділена на ділянки розміром 10*10 мм. Кількість ділянок в залежності від розміру зразка складала від 36 до 42. Для високої точності вимірювань та зручності зразки були затиснуті у токарний патрон (рис. 1).

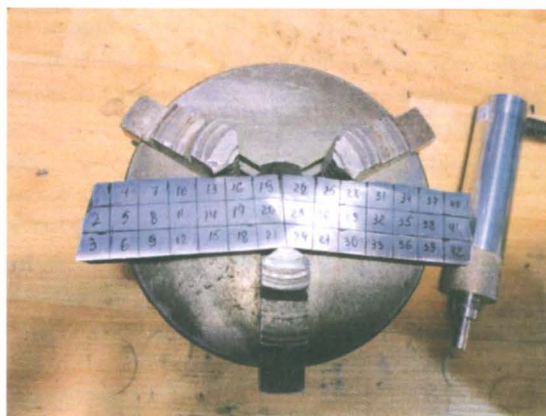


Рис.1. Підготовка зразків до вимірювання твердості.

Визначення характеристик твердості за Брінелем відбувалось у відповідність вимогами ГОСТ 2979-75 на різних ділянках поверхні зразків. У кожній ділянці було проведено не менше 15-ти вимірів твердості по шкалі Брінеля.

В наданих дослідженнях у якості показника пошкодженості використано коефіцієнт варіації твердості v_{NB} . (табл.1). В даному випадку коефіцієнт варіації v_{NB} підраховано за середніми показниками твердості на ділянках 10*10 і характеризує розсіяння твердості на площі усього зразка. У останньому стовбці цієї таблиці приведено відносний коефіцієнт варіації, де за базу (за знаменник) взято величину $v_{NB}=0,035$ для 2 зони як найменшої.

Таблиця.1. Результати вимірювань твердості зразків кожуху

Зона розташування зразків	Кількість ділянок в зразку	Середня твердість по зразку НВ, МПа	Коефіцієнт варіації твердості по зразку, v_{NB}	Відносний коефіцієнт варіації твердості
1 зона	36	180,7	0,06	1,7
2 зона	36	146,9	0,035	1,0
3 зона	42	127,5	0,12	3,4

Поміж зонами кожуху спостерігається суттєва різниця в значеннях v_{HB} . Відносний коефіцієнт варіації показує відносне пошкодження металу. За його значенням видно, що найменше пошкодження отримав метал у 2 зоні, а найбільше – в 3 зоні.

Із співставлення результатів дослідження твердості і в'язкості руйнування сталі 09Г2С видно, що вказана кореляція має лінійний характер (рис.2).

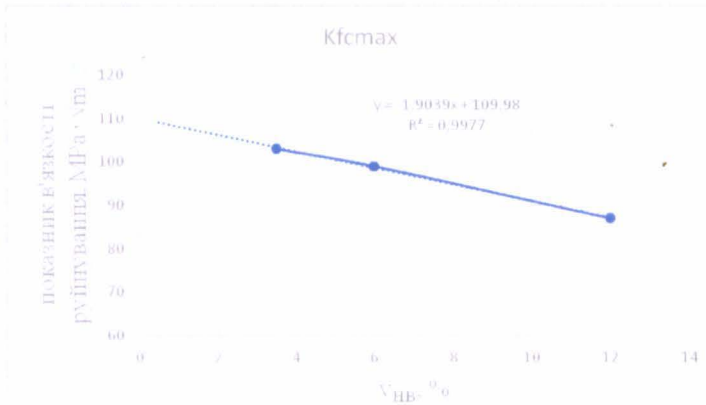


Рис.2. Взаємозв'язок між критичним показником циклічної в'язкості руйнування і коефіцієнтом варіації твердості.

Досліджену зміну критичних КІН можна вважати наслідком впливу експлуатаційного пошкодження. Тобто, критична в'язкість руйнування сталі 09Г2С реагує на експлуатаційний наробіток кожуку і може слугувати за діагностичний параметр. Такий спосіб діагностування технічного стану кожуку є відомим. При ньому з кожуку відбирають мікроразки для випробувань шляхом руйнування. Така операція не завжди можлива. Тому доцільно проводити діагностування неруйнівними способами, таким як дослідження твердості.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Фененко О.А. Влияние деградационных процессов на механические характеристики конструкционных материалов элементов планера летательного аппарата// Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил.- 2015. – Вип. 4(45). – С.116-119.
2. Лебедев А.А., Музыка Н.Р., Швець В.П. Метод оценки вязкости разрушения материала по рассеянию характеристик твёрдости // Проблемы прочности. - 2007. – №6. – С. 5-12.
