

С.А. Чебуров

**ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ
ХАРАКТЕРИСТИК ВИТРИВАЛОСТІ НОВИХ, НЕ БУВШИХ В
ЕКСПЛУАТАЦІЇ, ЛИТИХ ДЕТАЛЕЙ ВІЗКІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ**

Викладено короткий огляд системи контролю якості вузлів і деталей вагонів. Показано актуальність методу акустичної емісії та можливість використання його для контролю технічного стану деталей в процесі кваліфікаційних, сертифікаційних, контрольних і інших видів випробувань на втому.

Вступ

Проблема втоми, а саме руйнування металів під дією напружень, що змінюються циклічно, більш низьких ніж границя витривалості, виникла більше ста років тому та з того часу інтерес до неї тільки збільшується.

Це пов'язано з тим, що багато відповідальних деталей машин і конструкції в цілому працюють в умовах навантажень, що повторюються (знакозмінних або знакопостійних) і їх ресурс цілком визначається циклічною витривалістю матеріалів, з яких вони сконструйовані [1].

Метою випробувань на втому є визначення довговічності або початку руйнування елемента, що випробовується, підданого дії навантаження з амплітудою, що змінюється в заданій послідовності. У деяких випадках можуть ставитися особливі цілі випробування, наприклад, коли елемент, що випробовується є деталлю або вузлом машини і задана послідовність прикладання змінних навантажень відтворює робочі умови навантаження [2].

Саме цей випадок, коли об'єктом випробувань є деталь або вузол машини, і представляє інтерес для цієї роботи.

Огляд системи контролю якості вузлів і деталей вагонів

Випробування на втому (за суттю руйнівний контроль) призводять до руйнування об'єкта контролю або, як мінімум, не гарантують придатності його до експлуатації після випробувань. Неруйнівний контроль не порушує придатності продукції до застосування.

Оптимальна система контролю повинна забезпечувати максимальну технічну ефективність контролю за мінімальних затрат. Технічна ефективність контролю пов'язана з достовірністю контролю та ступеню точності його результатів, тобто правильністю віднесення об'єктів до придатних або бракованих на основі результатів контролю [3].

Актуальність неруйнівних методів контролю покладається в виявленні дефектів як на поверхні, так и всередині відливки (порушення суцільності матеріалу, наявність неметалевих включень і т.п.) не тільки в одиничних зразках, а й у всій партії виробів, що зводить до мінімуму попадання в експлуатацію браку.

Система неруйнівного контролю (НК) технічного стану вузлів і деталей вагонів базується на застосуванні вихрострумового, магнітних і акустичних методів контролю, причому акустичні є основними для виявлення внутрішніх дефектів у відливках.

© С.А. Чебуров, 2016

Методи НК можливо використовувати для подовження терміну служби виробів, що знаходяться в експлуатації. Для цього доцільно використовувати магнітопорошковий метод НК та (або) метод акустичної емісії (АЕ) [4].

Напрямок цих досліджень є застосування методів НК для удосконалення (доповнення, підвищення якості випробувань, підтвердження, а можливо в майбутньому и як альтернатива) випробувань на втому з метою отримання більш повної та достовірної інформації про деталі або частини деталей.

Мета роботи

Пропонується перспективна методика оцінки характеристик витривалості нових, не бувших в експлуатації, деталей по показнику опору втоми матеріалів, це є найбільш розповсюдженою оцінкою механічних властивостей, з використанням методу АЕ в рамках кваліфікаційних, сертифікаційних, контрольних і інших видів випробувань.

Метод АЕ є одним із найбільш перспективних методів НК взагалі, особливо акустичних. Він заснований на реєстрації звукових сигналів, які змінюються під час пластичної деформації твердих середовищ, розвитку дефектів, терті, проходженні рідких і газоподібних речовин через вузькі отвори – наскрізні дефекти; володіє рядом переваг, завдяки яким суттєво розширюються можливості як НК так і технічної діагностики (ТД).

Метод АЕ забезпечує виявлення дефектів, що розвиваються, за допомогою реєстрації та аналізу акустичних хвиль, що виникають в процесі пластичної деформації та зростання тріщин в об'єктах, що контролюються.

Це дозволяє класифікувати дефекти не за розмірами або іншими другорядними і посередніми ознаками катастрофічної ситуації, а за ступенем їх небезпеки для об'єкта, що контролюється. Треба відмітити, що об'єкт може вийти з ладу не тільки в результаті зростання несучільностей, але також через зміну форми, втрату стійкості та ряду інших причин. У цьому разі АЕ сигналізує про розвиток небажаних процесів. У багатьох випадках відмічені процеси, які призводять до відмови об'єкта або його катастрофічного руйнування, оцінюються з використанням механіки руйнування. У випадку АЕ-методу має місце об'єктивне пересічення областей власне АЕ-методу та механіки руйнування [5].

Метод АЕ-контролю базується на принципах механіки руйнування, яка оцінює вплив дефекту на ступінь безпеки об'єкта. Оскільки інциденти, аварії та катастрофічні руйнування промислових об'єктів відбуваються переважно в результаті розвитку тріщин, принциповою вимогою до промислових методів НК і ТД є здатність до виявлення тріщин, їх ідентифікації та оцінки ступеню небезпеки.

Метод АЕ, у певному сенсі, можливо розглядати як експериментальний інструмент механіки та фізики руйнування. По відношенню до проблем технічної безпеки виробничих об'єктів метод АЕ інтегрує методичні аспекти НК і ТД з одного боку, і моделі механіки руйнування – з іншого. У результаті на новому якісному рівні забезпечується безпека та надійність обладнання небезпечних виробничих об'єктів і відповідальних деталей рухомого складу.

Метод АЕ може використовуватися для контролю на всіх стадіях і етапах життя об'єктів: під час їх проектування, виготовлення (в процесі приймальних випробувань, під час періодичних технічних освідченнях, в процесі роботи об'єкту та при вирішенні питання про припинення його експлуатації).

Мета АЕ-контролю: знаходження, визначення координат і стеження (моніторинг) за джерелами АЕ, які пов'язані з несучільностями на поверхні або в товщі стінки об'єкта, що контролюється, чи зварного з'єднання [5].

Підготовка до випробувань

Перед проведенням випробувань на втому і АЕ-контролю проводимо ретельне вивчення об'єкта контролю з метою виявлення зовнішніх дефектів (у разі їх наявності), а також для розробки технології контролю. Технологія контролю повинна бути наведена у звітній документації на контроль.

Під час складання технологічної карти (інструкції) контролю необхідно мати наступні дані:

- акустичні властивості матеріалу об'єкта, що контролюється, включаючи необхідні для виконання АЕ-контролю швидкості та коефіцієнти згасання хвиль, імпеданси матеріалів;

- властивості матеріалу об'єкту, які потрібні для АЕ-контролю;

- параметри об'єкту як акустичного каналу.

Акустичні та АЕ-параметри отримуємо під час попереднього вивчення об'єкту контролю, або використовуємо відомі з технічної та наукової літератури дані.

На основі отриманих даних розробляємо методичні способи контролю об'єкту, а також розробляємо систему (або вибираємо зі вже існуючих систем і критеріїв) класифікації джерел АЕ та критеріїв оцінки результатів контролю [6].

В інструкції на контроль повинна міститися наступна інформація:

- матеріал і конструкція об'єкта, що контролюється, включаючи розміри і форму;

- дані про параметри шумів;

- тип і параметри перетворювачів АЕ, їх виробник;

- метод кріплення перетворювачів АЕ;

- контактне середовище;

- схема розташування перетворювачів АЕ;

- тип приладу АЕ, його параметри;

- опис системи та результатів калібрування АЕ-апаратури;

- дані, що реєструються та методи реєстрації;

- система класифікації джерел АЕ і критерії оцінки стану об'єкту, що контролюється, за результатами контролю;

- кваліфікація операторів.

Дані про об'єкт контролю та основні параметри контролю заносять у протокол.

Для об'єктів, котрі попередньо навантажувалися або знаходилися під навантаженням, навантаження повинні бути зменшені до попередньо визначеного рівня. Час витримки при пониженому тиску повинен бути встановлений на основі попередньо отриманих даних.

Об'єкти повинні контролюватися в їх робочому положенні. Після проведення підготовчих робіт здійснюються безпосередньо роботи з контролю, які починаються з установки перетворювача АЕ (ПАЕ) на об'єкт. Після установки ПАЕ, а також після проведення випробувань, виконуємо перевірку працездатності АЕ-системи шляхом збудження акустичного сигналу АЕ-імітатором, що розташований на певній відстані від кожного ПАЕ.

Проведення випробувань

Після виконання підготовчих робіт і налаштування виконуємо навантажування об'єкту. АЕ-контроль проходить в процесі навантаження об'єкту до певної, раніше вибраної величини.

Розташування джерел АЕ необхідно визначати з заданою точністю, або з використанням багатоканальної системи локації або зонного контролю.

Визначення координат джерел АЕ-сигналів виконуємо в режимі планарної локації, тобто не визначається глибина залягання джерел [6].

Похибки обчислення координат визначаються похибками вимірювання часу надходження сигналу на перетворювачі. Джерелами похибок являються:

- похибки вимірювання часових інтервалів;
- відмінність реальних шляхів розповсюдження від теоретично прийнятих;
- наявність анізотропії швидкості розповсюдження сигналів;
- зміна форми сигналу в результаті розповсюдження по конструкції;
- накладення за часом сигналів, а також дія декількох джерел;
- реєстрація перетворювачами хвиль різних типів;
- похибка вимірювання (задавання) швидкості звуку;
- похибка задавання координат ПАЕ.

До навантаження об'єкту оцінюють похибку визначення координат за допомогою імітатора. Його встановлюють у визначеній точці об'єкту та порівнюють показники системи визначення координат із реальними координатами імітатора.

Після обробки прийнятих сигналів результати контролю представляють у вигляді ідентифікованих і класифікованих джерел АЕ [6].

АЕ-контроль об'єкту виконуємо перед, а також в процесі стендових випробувань на втому (через певну кількість циклів навантажування). Об'єкт, який витримав базову кількість циклів без руйнування, після випробувань, також піддаємо неруйнівному контролю.

Оцінка результатів випробувань

Кінцева оцінка допустимості виявлених джерел АЕ та індикацій при використанні додаткових видів НК здійснюється з використанням вимірних параметрів дефектів на основі нормативних методів механіки руйнування, методик розрахунку конструкцій на витривалість і інших діючих нормативних документів.

Дефектні ділянки, що виявляються методом АЕ в процесі випробувань, фіксуються.

Проводимо експериментальні дослідження характеристик виявлених дефектів, тобто вплив цих дефектів, їх вигляду, розмірів, місця розташування на втомну витривалість деталі.

Результатом цих досліджень є визначення впливу того чи іншого дефекту (дефектної зони, ділянки) на витривалість і довговічність всієї деталі. При цьому одним із основних критеріїв ефективного впровадження методу АЕ є підтвердження його результатів випробуваннями на втому.

Висновки

Застосування АЕ-контролю дозволить, як мінімум, підвищити якість і достовірність випробувань на втому. Окрім того, в подальшому, можливо отримати економічний ефект як за рахунок зниження машинного часу, що витрачається на деталь (скорочення бази випробувань) шляхом вводу коефіцієнтів і залежностей, отриманих експериментально в процесі випробувань, так і за рахунок можливої відмови від дорогих, трудомістких і застарілих випробувань на втому.

Система НК являється ефективним, а іноді і єдино можливим засобом запобігання надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті через злами технічних об'єктів внаслідок виникнення в них різного роду дефектів під час виробництва та в експлуатації, що свідчить про актуальність і перспективність цього напрямлення в машинобудуванні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Природа усталости металлов. Иванова В.С., Терентьев В.Ф., М., «Металлургия», 1975, 456 с.
2. Усталостные испытания и анализ их результатов. В. Вейбулл, «Московская правда», 1964
3. Ультразвуковой контроль. Учебник для специалистов первого и второго уровней квалификации. Ермолов И.Н., Ермолов М.И., М.: НПО ЦНИИТМАШ, 1993
4. «Підтвердження акустико-емісійного контролю балок надресорних і рам бокових візків вантажних вагонів випробуваннями на втому для оцінки можливості продовження терміну їх експлуатації», вип. 12, – ДП «УкрНДІВ», м. Кременчук, 2015. – 9 с.
5. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 7: В 2 кн. Кн. 1: В.И. Иванов, И.Э. Власов. Метод акустической эмиссии / Кн. 2: Ф.Я. Балицкий, А.В. Барков, Н.А. Баркова и др. Вибродиагностика. – М.: Машиностроение, 2005. – 829 с.: ил.
6. Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов. ПБ 03-593-03. Утв. постановлением Госгортехнадзора РФ от 9 июня 2003 г. № 77