

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТВЕРДОСТІ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі проведено аналіз можливостей різних методів визначення твердості металу, що є високо застосовуваними у машинобудуванні. У результаті аналізу висвітлено переваги простого та ефективного динамічного методу - методу Ліба, який відзначається своєю швидкістю та простотою застосування. Детально розглянуто використання динамічного методу для діагностування деформування металу, що є актуальною проблемою у сфері машинобудування.

Ключові слова: методи визначення твердості, метод Ліба, діагностування конструкцій, деформація металу.

Abstract

The paper analyzes the possibilities of various methods of determining metal hardness, which are widely used in mechanical engineering. As a result of the analysis, the advantages of a simple and effective dynamic method, in particular the Lieb method, which is noted for its speed and ease of application, are highlighted. The use of a dynamic method for diagnosing metal deformation, which is an actual problem in the field of mechanical engineering, is considered in detail.

Key words: hardness determination methods, Lieb's method, structural diagnostics, metal deformation.

Вступ

У сучасному машинобудуванні, де конструкції стають все більш складними і вимогливими до надійності та безпеки. Визначення твердості матеріалів відіграє ключову роль, адже дає змогу аналізувати механічні властивості матеріалів конструкцій під дією навантажень. Матеріали, з яких виготовляються елементи конструкцій, повинні відповідати високим стандартам міцності та довговічності, щоб забезпечити стійкість конструкцій до різних механічних навантажень та умов експлуатації.

Метали є одними з найбільш використовуваних матеріалів у машинобудуванні через їхні високі механічні властивості та можливість легкої обробки. Тому має велике значення наявність ефективних методів для визначення твердості металів, які дозволять забезпечити достатню точність та простоту вимірювань.

Крім того, важливо мати здатність діагностувати можливі деформування та руйнування матеріалів під час експлуатації. Це дозволяє вчасно виявляти проблеми та проводити профілактичні заходи для підтримки безпеки та надійності конструкцій.

Отже, дослідження ефективних методів визначення твердості та діагностики деформування та руйнування матеріалів є важливим завданням для сучасного машинобудування з метою забезпечення надійності, безпеки та високої несучої здатності конструкцій.

Результати дослідження

Існує багато різних методів визначення твердості металів [1]. Найпоширенішими є метод Роквелла, метод Брінелля, метод Віккерса і динамічний метод (метод Ліба).

Метод Роквелла базується на вимірюванні глибини відбитка пірамідального алмазного конуса у випробовуваному матеріалі (рис. 1). Він відображається у величині, що називається "HR-шкалою", де вищі значення вказують на більшу твердість. Твердість матеріалу має бути виміряна не менше, ніж у трьох різних точках для отримання надійних результатів. При обчисленні значення твердості береться середнє арифметичне значення. Такий підхід забезпечує усереднення можливих місцевих аномалій і дозволяє отримати більш точний показник твердості матеріалу.

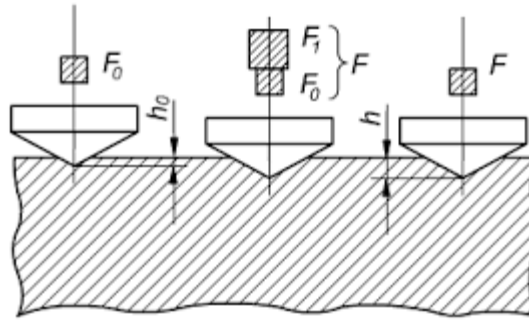


Рис. 1. Схема навантаження за методом Роквелла

Метод Роквелла, має деякі обмеження та недоліки. Одним з них є залежність вимірюваної твердості від глибини відбитку, що може викликати неточності при вимірюванні твердості на мікроскопічних рівнях. Додатково, цей метод не є придатним для вимірювання твердості м'яких матеріалів, через спотворення відбитка індентора на поверхні вимірювання. Крім того, для виконання вимірювань потрібно здійснювати калібрування приладу, що може вимагати додаткового часу та зусиль. Також важливо враховувати, що на результати методу Роквелла можуть вплинути наявності мікроструктурних аномалій або включень у матеріалі. Ще можна додати до недоліків неможливість вимірювати твердість тонких зразків.

Метод Брінелля – метод визначення твердості матеріалів базується на вдавлюванні спеціально загартованої сталеві кульки у досліджуваний зразок під дією визначеного навантаження протягом певного часу (рис. 2). Твердість вимірюється як відношення прикладного навантаження до площі відбитку, і виражається в "НВ" (Brinell Hardness).

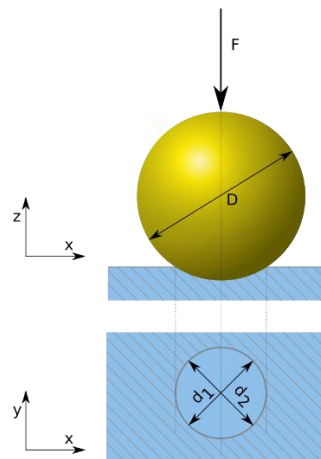


Рис. 2. Схема навантаження індентора за методом Брінелля.

Метод вимірювання твердості за Брінеллем має свої обмеження, зокрема, його можна застосовувати лише для м'яких матеріалів через обмежену твердість самого індентора. Як альтернативу розглядається застосування кульок з карбіду вольфраму (WC). Також варто враховувати, що твердість за Брінеллем залежить від навантаження і може бути важко порівнювана, оскільки зміна глибини втискування не пропорційна зміні площі відбитку. Утворення "підвищень" по краях відбитку може ускладнити вимірювання глибини відбитку. Крім того, через великий розмір тіла індентора (кульки) метод може бути непридатним для тонких зразків матеріалу. Ще до основних недолік можна додати: не дієвий для тонких зразків, велика площа відбитку.

Метод Вікерса - визначення твердості відбитка, що залишається після втискування алмазного індентора у формі чотирикутної піраміди під кутом 136° між протилежними гранями на поверхню під дією певного навантаження протягом певного часу (рис. 3). Твердість розраховується як співвідношення зусилля, що прикладене до індентора, до площі поперечного перерізу відбитка. Цей метод визначення твердості позначається як HV.

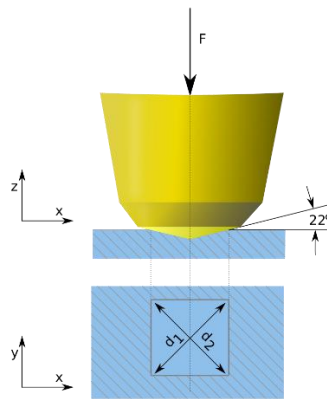


Рис. 3. Схема навантаження індентора за методом Віккерса.

Недоліки методу Віккерса включають його чутливість до змін у мікроструктурі матеріалу, що може впливати на точність вимірювання твердості. Крім того, оскільки вимірювання виконуються на мікроскопічному рівні, це може вимагати складного обладнання та спеціалізованих навичок для проведення вимірювань. Іншим недоліком є необхідність врахування інденторів та умов тестування, які можуть варіюватися в різних лабораторних умовах, що може впливати на репрезентативність отриманих даних. Крім того, метод Віккерса не дозволяє виміряти твердість поверхонь з низькою жорсткістю, оскільки індентор може вибити частинку матеріалу з їхньої поверхні. Можна зазначити ще високу вартість обладнання, та небезпечність роботи з алмазним індентором.

Індентор - це засіб вимірювання твердості матеріалів, виготовлений з алмазу, гартованої сталі або твердого сплаву, за допомогою якого виконують вдавлення.

Динамічний метод, такий як метод Ліба, полягає в вимірюванні швидкості відскоку індентора від поверхні матеріалу. Зміна швидкості індентора вказує на величину твердості матеріалу (рис. 4).

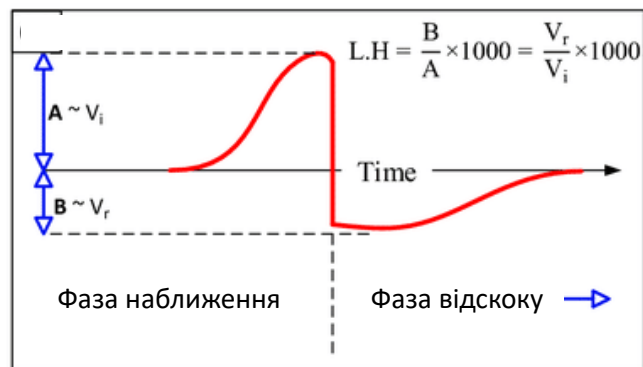


Рис. 4. Схема визначення твердості по Лібу.

Деякі з переваг методу Ліба включають його високу швидкість, компактність і простоту застосування. Він не потребує високих навичок працівника тому, що він є автоматизованим. Цей метод дозволяє швидко та ефективно вимірювати твердість матеріалів, що робить його дуже зручним для використання в промислових умовах або у лабораторіях з великим обсягом досліджень. Крім того, метод може бути ефективним для вимірювання твердості тонких листових конструкцій, оскільки він не потребує великої маси зразка чи складного обладнання. Також варто відзначити, що цей метод може бути чутливим до змін у структурі матеріалу, що дозволяє виявити деформування матеріалу або інші зміни в його властивостях.

Вимірювання твердості металу є одним із основних методів неруйнівного контролю, що дозволяє оцінити стан деталей конструкцій, виявити їх деформацію і передбачити можливе руйнування [2, 3]. В першу чергу це актуально для діагностики пластичних деформацій:

- Пластична деформація супроводжується зміною структури матеріалу на мікрорівні, що впливає на його твердість.

- Ділянки, що зазнали значного навантаження, можуть мати підвищену твердість через наклеп (зміцнення поверхневого шару).
- Навпаки, надмірна деформація може викликати рекристалізацію, що знижує твердість та свідчить про втрату міцності.

Таким чином, порівняння твердості нової та експлуатованої деталі дозволяє визначити рівень її деградації. А динамічний моніторинг (наприклад, періодичне вимірювання твердості на однакових ділянках) допомагає відстежувати розвиток дефектів та прогнозувати час до можливого руйнування.

Поєднання вимірювання твердості з іншими методами контролю (ультразвукова дефектоскопія, магнітопорошковий аналіз тощо) дає комплексне уявлення про стан конструкції.

Висновки

У цій роботі були розглянуті різні методи визначення твердості матеріалів, такі як методи Роквелла, Брінелля, Віккерса та метод Ліба. Кожен з цих методів має свої переваги і недоліки, а також свої особливості, які роблять їх відповідними для різних сфер застосування у промисловості та наукових дослідженнях. Методи Роквелла, Брінелля та Віккерса дозволяють отримати точні та надійні вимірювання твердості для різних типів матеріалів, в той час як динамічний метод відзначається швидкістю та простотою застосування. При виборі методу важливо враховувати особливості матеріалу та умови експлуатації, щоб забезпечити точність та надійність отриманих даних. Інтеграція цих методів у дослідженнях матеріалів допомагає покращити методи діагностування властивостей матеріалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мощенок, В. І. Сучасні методи визначення твердості матеріалів : монографія / В. І. Мощенок. – GlobeEdit, 2023. – 376 с. – ISBN 978-620-0-64702-3.
2. Огородніков В. А. Визначення енергії пластичної деформації елементів конструкцій транспортних засобів і параметрів відкриття подушок безпеки при ДТП [Текст] / В. А. Огородніков, В. Є. Перлов // Збірник наукових праць ВДАУ. - 2009. - № 3. - С. 5-9.
3. Перлов В. Є. Енергія пластичного деформування елементів конструкцій транспортних засобів при ДТП [Текст] / В. Є. Перлов, І. Ю. Кириця // Вісник машинобудування та транспорту. - 2015. - № 2. - С. 69-75.

Побережець Владислав Ярославович – студент групи 2ПМ–226, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vladpoberezhets@gmail.com

Перлов Віктор Євгенійович – к.т.н., доцент кафедри опору матеріалів, технічної механіки та інженерної графіки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: perlov@vntu.edu.ua

Poberezhets Vladyslav – student of the Department of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vladpoberezhets@gmail.com

Perlov Victor – PhD, Associate Professor of the Department of Strength of Materials, Technical Mechanics, and Engineering Graphics, Vinnytsia National Technical University, e-mail: perlov@vntu.edu.ua