

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 6

«Вивчення техніки випробувань матеріалів на твердість за Віккерсом» з дисципліни «Основи науково-дослідної роботи» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» всіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 6
«Вивчення техніки випробувань матеріалів на твердість за Віккерсом»
з дисципліни «Основи науково-дослідної роботи» для студентів
спеціальності 131 «Прикладна механіка» всіх форм навчання / Укл:
М.І. Андрущенко, О.Є. Капустян, Т.О. Акритова. Запоріжжя:
НУ «Запорізька політехніка», 2020. 14 с.

Укладачі: М.І. Андрущенко, канд. техн. наук, доцент
О.Є. Капустян, канд. техн. наук, доцент
Т.О. Акритова, ст. лаборант

Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент

Коректор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 1 від 14.08.2020 р.

Рекомендовано до видання
НМК ІФФ
Протокол №1 від 04.09.2020 р.

ЗМІСТ

1 Мета роботи.....	4
2 Загальні відомості	4
2.1 Метод і область його застосування.....	4
2.2 Можливі джерела помилок при вимірах твердості по Віккерсу	8
3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи	9
4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання.....	10
5 Вказівки з техніки безпеки	11
6 Порядок проведення лабораторної роботи.....	11
7 Зміст звіту	13
Рекомендована література	13

1 МЕТА РОБОТИ

Опанувати техніку та технологію вимірювання твердості сплавів та покриттів за Віккерсом.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Метод і область його застосування

Метод заснований на тому, що правильна чотиригранна алмазна пірамідка вдавлюється у випробовуваний матеріал під дією постійної сили P . Коли у випробувальному зразку закінчуються процеси деформації, алмазна пірамідка піднімається, а на поверхні матеріалу залишається відбиток пірамідальної форми. Проекція цього відбитка – квадрат. Твердість за Віккерсом визначається як відношення величини навантаження до площі поверхні відбитка:

$$HV = \frac{P}{O} \text{ кГ/мм}^2, \quad (2.1)$$

де P – величина навантаження;

O – поверхня відбитку.

Величина поверхні відбитка може бути розрахована за формулою:

$$O = \frac{4ah}{2}, \quad (2.2)$$

$$h = \frac{a}{2 \sin \frac{136^\circ}{2}} = \frac{a}{2 \cos 22^\circ}, \quad (2.3)$$

$$O = \frac{4a}{2} \cdot \frac{a}{2 \cos 22^\circ} = \frac{a^2}{\cos 22^\circ}, \quad (2.4)$$

де h – глибина відбитка;

a – сторона квадрату.

При вимірах зазвичай визначають величину діагоналі відбитка d :

$$d^2 = 2a^2, \quad (2.4)$$

Величина поверхні може бути розрахована за рівнянням:

$$O = \frac{d^2}{2 \cos 22^\circ} = \frac{d^2}{1,8544}. \quad (2.5)$$

Твердість за Віккерсом розраховують так:

$$HV = \frac{P \cdot 1,8544}{d^2} \text{ кГ/мм}^2. \quad (2.6)$$

У зв'язку з тим, що розрахунки твердості за наведеними вище формулами віднімають досить багато часу, на практиці зазвичай використовують таблиці, складені для різних величин навантажень. Найчастіше застосовують навантаження рівні 10 кГ, 30 кГ і 60 кГ.

Вимірювання твердості по Віккерсу має не менше значення, ніж вимір за Бринеллем. Це пояснюється тим, що метод Віккерса має низку переваг у порівнянні з методом Бринелля. Ці переваги полягають в тому, що вимірювання твердості можуть проводитися і на м'яких, і на дуже твердих матеріалах; крім того, величина твердості не залежить від прикладеного навантаження (в певних межах). Остання перевага особливо цінна в тих випадках, коли необхідно виміряти твердість тонкої пластинки або тонкого шару, а товщина пластинки або шару повинна становити не менше $1,5d$, де d – величина діагоналі відбитка. Недолік методу – велика чутливість алмазної пірамідки по відношенню до поштовхів і ударів. Величина навантаження не повинна перевищувати, як правило, 120 кГ. Вимірювання твердості за Віккерсом стандартизовано відповідно до TGL 9556.

Для вимірювання твердості за цим методом застосовують правильну чотиригранну алмазну піраміду з кутом між двома протилежними гранями 136° . Вибір цього кута не довільний; він встановлює зв'язок між методом Бринелля і Віккерса. При вимірі твердості за Віккерсом діаметр відбитка лежить в межах від 0,25 до 0,50 від діаметра кульки. Таким чином, середній діаметр відбитка становить 0,375 D. Якщо при такому діаметрі відбитка провести дотичні до кола, які проходять через центр кульки, то кут між ними складе 136° (рис. 2.1).

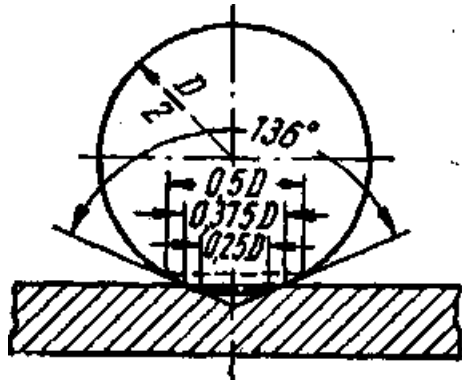


Рисунок 2.1 – Зв'язок між кутом при вершині у пірамідці Віккерса (136°) і кулькою, яка застосовується у методі Брінелля

На рисунку 2.2 схематично показаний відбиток, який виходить при вимірах твердості за Віккерсом.

До твердості, яка дорівнює приблизно 400 кг/мм^2 , існує збіг при визначенні твердості обома методами. Слід зазначити, однак, що такий збіг спостерігається лише в тому випадку, якщо виконані певні вимоги по відношенню до стану випробовуваного матеріалу і індентора. При твердості матеріалу вище 400 кг/мм^2 методи Брінелля і Віккерса дають різні результати.

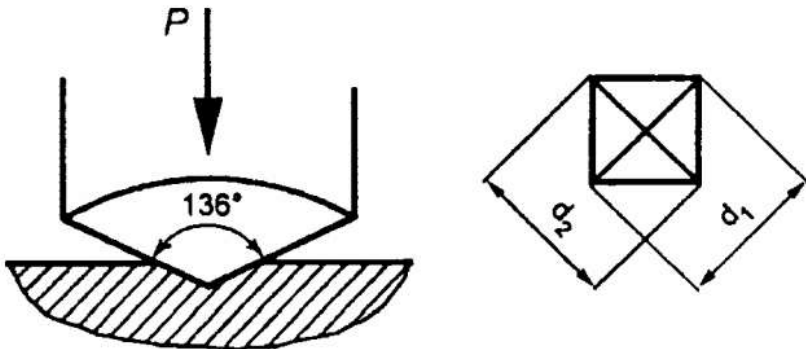


Рисунок 2.2 – Схематичне зображення відбитка при вимірюванні твердості за Віккерсом

При вимірюванні довжин діагоналей необхідно на кожному відбитку вимірювати довжину двох діагоналей і розраховувати середню величину, яку потім приймають за основу при визначенні

твердості за Віккерсом. Довжина діагоналей повинна вимірюватися з точністю до 2 мкм.

Поверхня зразка, призначеного для вимірювання твердості за Віккерсом, повинна бути оброблена значно ретельніше, ніж поверхня зразка для вимірювань твердості за Бринеллем.

Рознер вивчив вплив якості обробки поверхні і освітленості на точність вимірювань твердості. При підготовці поверхні загартованих зразків не повинно бути відпуску матеріалів через перегрів поверхні. Навантаження на індентор досягає номінального значення протягом 15 с, після цього його витримують ще протягом 30 с. Відзначаючи величину твердості матеріалу, слід вказувати також і величину навантаження, при якому ці вимірювання проводилися. Наприклад, твердість, яка виміряна при навантаженні 30 кГ, може бути записана так:

$$HV30 = 625 \text{ кГ/мм}^2.$$

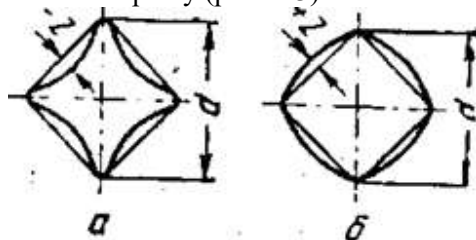
При вимірі твердості за Віккерсом необхідно стежити за тим, щоб відстань між окремими відбитками була не менше, ніж потроєна величина діагоналі d .

Вимірювання твердості за Віккерсом може проводитися на матеріалах різної твердості аж до самих специфічних випадків, як наприклад вимірювання твердості сірого чавуну. Кірнер встановив, що твердість за Віккерсом може вимірюватися навіть на твердих і крихких металопокриттях. Мехлінг описав спеціальні методи вимірювання твердості гальванічних покриттів. При вимірах твердості по Віккерсу при малих навантаженнях слід враховувати залежність величини виміряної твердості від прикладеного навантаження. Це питання буде спеціально розглянуто в розділі, присвяченому виміру мікротвердості. В роботі Росова наводиться методика вимірювання твердості за Віккерсом, яка забезпечує підвищену точність вимірювань. Це досягається тим, що при оцінці величини твердості враховують величину медіани відбитку.

2.2 Можливі джерела помилок при вимірах твердості по Віккерсу

Джерела помилок при вимірах твердості по Віккерсу багато в чому такі ж, як в методі Бринелля. Однак є і специфічні джерела помилок. Точність виготовлення алмазної пірамідки впливає на форму відбитка і, отже, на точність методу.

Кут в 136° між двома протилежними гранями пірамідки не повинен мати відхилення більш ніж $\pm 20'$ від номінальної величини. При вимірах твердості по Віккерсу на більшості матеріалів на краях відбитків утворюється потовщення або усадка в залежності від ступеня пластичності матеріалу (рис. 2.3).



а – утворення потовщення на краях відбитка при вимірюванні твердості матеріалів, які зміцнюються. Результат вимірювання твердості завищений;

б – утворення усадки матеріалу на краях відбитка при вимірюванні твердості матеріалів, які зміцнюються. Результат вимірювання твердості занижений

Рисунок 2.3 – Два види відбитків при вимірюванні твердості за Віккерсом

Якщо відбиток має перекручену форму, то розрахунок його поверхні за величиною діагоналей буде неточним. О'Нейл запропонував більш точний метод розрахунку поверхні відбитка. Для цього він перетворює проекцію спотвореного відбитка, роблячи її квадратною. Отримана таким шляхом сторона квадрата a' буде дорівнювати:

$$a' = \frac{d}{\sqrt{2}} \pm Z. \quad (2.7)$$

Величина поверхні відбитка може бути розрахована за рівнянням:

$$O = \left(\frac{d}{\sqrt{2}} \pm Z \right)^2. \quad (2.8)$$

Величина твердості по Віккерсу може бути розрахована так:

$$HV = \frac{P \cdot 1,8544}{2 \left(\frac{d}{\sqrt{2}} \pm Z \right)^2}. \quad (2.9)$$

О'Нейл показав, що похибка при вимірюванні твердості, яка обумовлена спотворенням країв відбитка, може досягати 10 %.

Фішер знайшов, що величина твердості за Віккерсом з ростом навантаження може збільшуватися або зменшуватися в залежності від ступеня деформації матеріалу в холодному стані. Він встановив, що при збільшенні навантаження від 1 кг до 100 кг величина твердості може змінитися на 35 %.

Правила позначення вимірної величини твердості наступні: при стандартних умовах виміру ($P = 294 \text{ Н}$ (30 кгс) і час витримки під навантаженням $\tau = 10\text{-}15 \text{ с}$) число твердості за Віккерсом позначають цифрами, які характеризують величину твердості з символом HV після них (наприклад, 400 HV). За інших умов випробувань після символу HV вказується навантаження і час витримки, наприклад: 330 HV 10/40 – твердість за Віккерсом, отримана при навантаженні $P = 98,07 \text{ Н}$ (10 кгс) і часу витримки під навантаженням $\tau = 40 \text{ с}$.

З КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Як визначається твердість матеріалів за Віккерсом?
2. Які індентори використовуються при вимірюванні твердості за Віккерсом?
3. Які навантаження на індентор застосовуються при вимірюванні твердості за Віккерсом?
4. З якою метою здійснюється витримка під навантаженням?
5. Який час витримки під навантаженням для чорних і

кольорових металів і сплавів?

6. Яка форма відбитка твердості, з чим пов'язані її спотворення?

7. Які параметри відбитка вимірюються для визначення твердості за Віккерсом?

8. Яким параметром оцінюється розкид значень твердості за Віккерсом, яким фактором він обумовлений?

9. Які вимоги пред'являються до поверхні матеріалу при вимірюванні твердості за Віккерсом і якими методами вони досягаються?

10. Яка мінімально допустима відстань між сусідніми відбитками, і чим обумовлена ця вимога?

12. Яке співвідношення між діагоналлю відбитка і глибиною впровадження індентора?

13. З чим пов'язані похибки вимірювання твердості за Віккерсом і які методи їх зниження?

14. Твердість за Віккерсом: визначення, призначення, області застосування.

15. Твердість за Віккерсом: індентор (матеріал, геометрія, розрахункова формула), призначення.

16. Правила підготовки зразка до виміру твердості за Віккерсом.

17. Порядок проведення замірів твердості за Віккерсом.

18. Послідовність тарування приладу.

19. Назвіть фактори, що впливають на результати визначення за Віккерсом.

20. Твердість за Віккерсом: правила нанесення відбитків.

21. Які похибки можуть виникати при визначенні твердості за Віккерсом і як вони можуть бути усунені або зведені до мінімуму?

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Набір зразків різних за твердістю.

2. Прилад для визначення твердості за Віккерсом.

3. Комп'ютер.

4. Полірувальний верстат.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

Використовувані при виконанні роботи полірувальний верстат і прилад підключаються до мережі змінного струму напругою 380 В і 220 В. Тому існує небезпека враження електричним струмом, а також травмування диском, що обертається на верстаті.

Щоб попередити виникнення подібних нещасних випадків, а також пошкодження апаратного забезпечення обладнання, необхідно виконувати певні вимоги безпеки.

1. Приступати до роботи після прослуховування інструктажу з техніки безпеки у керівника роботи і засвоєння матеріалу даних методичних вказівок.

2. Включати верстат і освітлювальний пристрій за дозволом викладача або лаборанта.

3. Виконувати тільки ту роботу, яка передбачена завданням.

4. Переконавшись в надійності заземлення електродвигуна верстата, електроізоляції кабелю і проводів.

5. Виявляти особливу уважність і акуратність при роботі.

6. Не торкатися рухомих і струмоведучих частин обладнання.

7. Працювати на верстаті в спецодязі із застібнутими манжетами.

8. Повідомляти викладачеві або лаборанту про несправності обладнання, не намагатися усунути їх самостійно.

9. Виконувати роботу при наявності в лабораторії не менше двох осіб.

10. Після закінчення роботи вимкнути верстат і освітлювальний пристрій мікротвердоміра, привести в порядок робоче місце.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Перед початком роботи необхідно переконатись, що поверхня зразка гладка і чиста, без слідів корозії. Мінімальна товщина зразка повинна бути в 1,5 рази більше діагоналі відбитка. Під час

випробувань зразок має бути надійно зафіксований на предметному столику, а сила навантаження прикладена строго вертикально до його поверхні. Після випробувань на зворотному боці зразка не повинно бути ніяких видимих ознак деформації.

Порядок проведення вимірів твердості:

- підключити роз'єм живлення до джерела живлення, потім включити прилад;
- встановити зразок на предметний столик 2 (рис. 2.4);
- гвинтом 1 підняти предметний столик так, щоб зразок плавно торкнувся індентора 3;
- повернути вертикальний важіль 4 проти годинникової стрілки, обрати навантаження рівне 98 Н (10 кг). Час витримки навантаження для чорних металів становить 10-15 с, а для кольорових металів – 30 секунд. Після закінчення дії навантаження повернути важіль в початкове положення;
- горизонтальним важелем 5 відвести в сторону індентор;
- за допомогою окулярного мікрометра 6 виміряти довжину двох діагоналей відбитка, розрахувати їх середнє значення; потім помножити на коефіцієнт з таблиці відповідності, щоб отримати значення твердості.

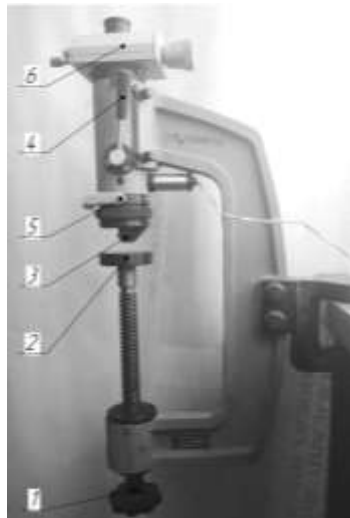


Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд переносного приладу ТВП-5012 для виміру твердості за Віккерсом

Отримані результати занести в таблицю 1.

Таблиця 1 – Результати виміру твердості

№ п/п	Об'єкт випробувань	Навантаження, Н	Довжина першої діагоналі, мкм	Довжина другої діагоналі, мкм	Середнє значення довжини діагоналі, мкм	Твердість, HV

По завершенню вимірювання твердості необхідно скласти звіт про роботу.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Мета роботи.
2. Порядок і послідовність випробування на твердість за Віккерсом.
3. Навести отримані результати.
4. Сформулювати висновки.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Испытания металлов. Сборник статей под. ред. К. Нитцше М.: Металлургия, 1967. 452 с.
2. Тылкин М. А. Справочник термиста ремонтной службы М.: Металлургия, 1981. 648 с.
3. Методы измерения твердости: справ. изд. /А.Г. Колмаков, В.Ф. Терентьев, М.Б. Бакиров. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Интермет Инжиниринг, 2005. -150 с.
4. Колмаков А.Г., Головин Ю.И., Терентьев В.Ф., Бакиров М.Б. Методы определения твердости металлических материалов. - Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2000. - 80 с.
5. Григорович В.К. Твердость и микротвердость металлов. - М.:

Наука, 1976. - 230 с.

6. Марковец М.П. Определение механических свойств металлов по твердости. - М.: Машиностроение, 1979. - 191 с.

7. Металловедение и термическая обработка стали. Справочник, (под ред. М.Л. Бернштейна и А.Г. Рахштадта), том 1,2. Методы испытаний и исследования. – М.: Металлургия, 1991. - 462 с.