



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

МАТЕРІАЛИ МЕТАЛЕВІ

Визначення твердості за Віккерсом

Частина 1. Метод випробування

(ISO 6507-1:2005, IDT)

ДСТУ ISO 6507-1:

Проект, перша редакція

	с.
Національний вступ	IV
1 Сфера застосування	1
2 Нормативні посилання	1
3 Суть методу	2
4 Символи та пояснення символів	2
5 Прилад для випробування	2
6 Випробний зразок	3
7 Проведення випробування	3
8 Похибка результатів	4
9 Протокол випробування	4
Додаток А Мінімальна товщина зразка відносно зусилля і твердості	5
Додаток В Таблиці поправкових коефіцієнтів для випробування на кривих поверхнях	7
Додаток С Методика періодичного перевіряння прилада користувачем	10
Додаток D Похибка виміряної величини твердості	10
Бібліографія	15

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожний переклад ISO 6507-1:2005 Metallic materials — Vickers hardness test — Part 1: Test method (Металеві матеріали. Визначання твердості за Віккерсом. Частина 1. Метод випробовування).

Технічний комітет, відповідальний за цей стандарт в Україні, — ТК 81 «Стандартизація методів контролю механічних, металографічних та корозійних властивостей металопродукції».

Стандарт містить вимоги, які відповідають чинному законодавству України.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

— структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Передмову», «Національний вступ» та «Бібліографію» — оформлено згідно з вимогами комплексу стандартів «Національна стандартизація»;

— у розділах «Нормативні посилання» та «Бібліографія» наведено «Національне пояснення», виділене у тексті рамкою;

— з «Передмови» до ISO 6507-1:2005 взято те, що безпосередньо стосується цього стандарту;

— позначки одиниць виміру фізичних величин відповідають комплексу стандартів ДСТУ 3651–97 Метрологія. Одиниці фізичних величин;

— слова «ця частина стандарту» замінено на «цей стандарт».

Копії нормативних документів, на які є посилання в цьому стандарті, можна отримати в Головному фонді нормативних документів.

ПЕРЕДМОВА ДО ISO 6507-1:2005

ISO 6507 складається з таких частин під загальною назвою «Металеві матеріали. Визначання твердості за Віккерсом»:

- Частина 1: Метод випробовування
- Частина 2: Повірка і калібрування приладів
- Частина 3: Калібрування контрольних зразків
- Частина 4: Таблиці значення твердості.

УВЕДЕННЯ

Періодичне перевіряння приладу, описане у додатку С, — це метрологічна практика. Під час наступного переглядання цього стандарту інформація, наведена у додатку С буде перенесена до основної частини стандарту.

Цей стандарт поширюється і на автоматизовані вимірювальні системи.

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

У цьому стандарті описано метод визначення показника твердості за Віккерсом для трьох різних діапазонів прикладаного до металевих матеріалів зусилля (див. таблицю 1)

Таблиця 1 — Діапазони значення зусилля, яке прикладають до зразка

Діапазони зусиль, F , Н	Символ твердості	Значення символу
$F \geq 49,03$	$\geq HV5$	Визначення твердості за Віккерсом
$1,961 \leq F < 49,03$	від HV 0,2 до $< HV 5$	Визначення твердості за Віккерсом при малих зусиллях
$0,09807 \leq F < 1,961$	від 0,01 до $< HV 0,2$	Визначення мікротвердості за Віккерсом

У цьому стандарті визначення твердості за Віккерсом описано для довжин діагоналей відбитку в межах від 0,020 мм до 1,400 мм.

Примітка 1. Для відбитків із розміром менше ніж 0,020 мм треба враховувати зростання похибки.

Примітка 2. У цілому зменшення зусилля під час визначення твердості призводить до зростання розсіювання результатів вимірювання. Особливо це помітно для малих значень зусилля визначення твердості за Віккерсом і визначенні мікротвердості за Віккерсом, коли з'являються значні труднощі у вимірюванні діагоналей відбитків. Для мікротвердості за Віккерсом похибка визначення середньої довжини діагоналі навряд чи перевищує $\pm 0,001$ мм ([2]—[5]).

На специфічні матеріали та/або вироби поширюється спеціальний міжнародний стандарт.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

Наведені нижче нормативні документи мають положення, які через посилання в цьому тексті становлять положення цього національного стандарту. У разі датованих посилань пізніші зміни до будь-якого з цих видань або перегляд їх не застосовують. Однак учасникам угод, базованих на цьому стандарті, рекомендовано застосовувати найновіші видання нормативних документів, на які зроблено посилання. У разі недатованих посилань застосовують найостаннішу редакцію цього документа з усіма змінами і поправками до нього. Члени IEC та ISO впорядковують каталоги чинних міжнародних стандартів.

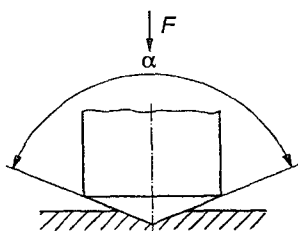
of testing machines

ISO 6507-4 Metallic materials — Vickers hardness test — Part 4: Table of hardness values.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ
 ISO 6507-2:2005 Металеві матеріали. Визначання твердості за Віккерсом. Частина 2. Повірка та калібрування приладів для випробовування
 ISO 6507-4 Металеві матеріали. Визначання твердості за Віккерсом. Частина 4. Таблиці значення твердості.

3 СУТЬ МЕТОДУ

Алмазний індентор у формі правильної піраміди з квадратною основою та зазначеним кутом між протилежними гранями біля вершини вдавлюють у поверхню зразка, після чого вимірюють довжини діагоналей відбитку, який залишився після зняття зусилля F (див. рисунок 1)



Твердість за Віккерсом пропорційна результату ділення числового значення величини зусилля на числове значення площі похилої поверхні відбитка, яка є правильною пірамідою з квадратною основою і має кут біля вершини, який дорівнює куту біля вершини індентора.

4 СИМВОЛИ ТА ПОЯСНЕННЯ СИМВОЛІВ

4.1 Дивись таблицю 2 і рисунок 1.

Таблиця 2 — Символи та пояснення символів

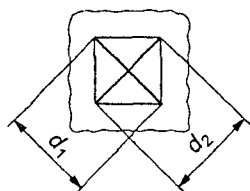


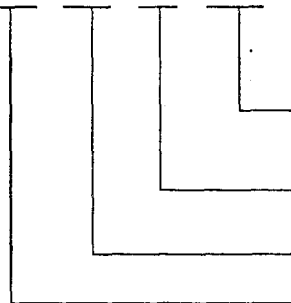
Рисунок 1 — Метод визначання твердості

Символ	Пояснення символів
α	Кут між протилежними гранями біля вершини пірамідального індентора (136°)
F	Прикладене зусилля у ньютонках (Н)
d	Середнє арифметичне значення двох довжин діагоналей d_1 та d_2 у міліметрах (див. рисунок 1)
HV	Твердість за Віккерсом = $\text{Константа} \times \frac{\text{Прикладене зусилля}}{\text{Площа поверхні відбитка}} = 0,102 \frac{2F \sin 136^\circ / 2}{d^2} \approx 0,1891 \frac{F}{d^2}$
Примітка. Константа = $0,102 = 1/9,80665$, де 9,80665 коефіцієнт перерахування з кгс у Н.	

4.2 Нижче наведено приклад позначання твердості за Віккерсом HV.

Приклад

640 HV 30 /20



Тривалість дії зусилля (20 с), якщо не нормований діапазон (від 10 с до 15 с)

Приблизне еквівалентне значення у кгс прикладеного зусилля, де (30 кгс = 294,2 Н)

Символ твердості

Значення твердості за Віккерсом

5 ПРИЛАД ДЛЯ ВИПРОБОВУВАННЯ

5.1 Прилад для випробовування з можливістю прикладання зусилля або зусиль у потрібному діапазоні випробовувань відповідно до ISO 6507-2.

5.2 Інdentор — алмаз у формі правильної піраміди з квадратною основою — відповідно до ISO 6507-2.

5.3 Вимірювальна система — відповідно до ISO 6507-2.

Примітка. Рекомендована методика періодичного перевіряння користувачем прилада для визначання твердості наведена у додатку С.

6 ВИПРОБНИЙ ЗРАЗОК

6.1 Випробовування треба проводити на рівній та гладкій поверхні, яка не має окалини, інородних речовин, зокрема мастила, якщо інше не передбачено в стандарті на виріб. Чистота оброблення поверхні має забезпечувати точне визначання довжини діагоналей відбитку.

6.2 Підготовку поверхні зразка треба проводити таким чином, щоб змінення твердості поверхні, наприклад від перегріву або холодного оброблення, було мінімальним.

У зв'язку з малою глибиною відбитків під час визначання мікротвердості за Віккерсом важливо, щоб у процесі підготовки зразка було вжито спеціальні застережні заходи. Рекомендовано застосовувати полірування та електрополірування, які відповідають параметрам матеріалу зразка.

6.3 Товщина випробного зразка або шару має дорівнювати, як мінімум 1,5 довжини діагоналі відбитку (див. додаток А).

Після випробування не має бути видно ніякої деформації на зворотньому боці зразка.

6.4 Для випробовування на криволінійних поверхнях треба використовувати поправки, наведені у додатку В, таблицях В.1— В.6.

6.5 Для зразків малого перерізу і зразків неправильної форми може бути потрібно використання додаткової опори.

7 ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБОВУВАННЯ

7.1 Як правило, випробовування проводять за кімнатної температури у межах від 10 °С до 35 °С. Випробовування, які проводять у контрольованих умовах, треба проводити за температури (23 ± 5) °С.

7.2 Рекомендовані зусилля випробовування наведено у таблиці 3.

Примітка. Можуть використовуватись інші значення, наприклад HV 2,5 (24,52 Н).

Таблиця 3 — Випробовувальні зусилля

Визначання твердості ^{а)}		Визначення твердості за малих значень зусиль		Визначання мікротвердості	
Символ твердості	Номінальне значення випробувального зусилля, F, Н	Символ твердості	Номінальне значення випробувального зусилля, F, Н	Символ твердості	Номінальне значення випробувального зусилля, F, Н
HV 5	49,03	HV 0,2	1,961	HV 0,01	0,09807
HV 10	98,07	HV 0,3	2,942	HV 0,015	0,147
HV 20	196,1	HV 0,5	4,903	HV 0,02	0,1961
HV 30	294,2	HV 1	9,807	HV 0,025	0,2452
HV 50	490,3	HV 2	19,61	HV 0,05	0,4903
HV 100	980,7	HV 3	29,42	HV 0,1	0,9807

^{а)} Можливе використання номінальних значень випробовувальних зусиль більших ніж 980,7 Н.

7.3 Зразок розміщують на жорсткій опорі. Поверхня опори має бути чистою, не мати інородних речовин (окалина, мастило, бруд тощо). Важливо, щоб зразок надійно опирався на опорну поверхню, щоб уникнути його зміщення під час випробовування.

7.4 Інdentор підводять до зразка доти, поки він торкнеться його поверхні й прикладають зусилля в напрямку, перпендикулярному поверхні зразка, без удару або вібрації, поки зусилля, яке прикладають, не досягне заданого значення.

Тривалість прикладання зусилля від початку до досягнення повного значення випробувального зусилля має бути не менше ніж 2 с і не більше ніж 8 с.

Під час визначання твердості за малого значення зусилля і визначанні мікротвердості максимальна тривалість не має перевищувати 10 с.

Для визначення твердості за значення малого зусилля і для визначання мікротвердості швидкість підведення індентора до поверхні зразка не має перевищувати 0,2 мм/с.

Під час визначання мікротвердості індентор має входити у контакт із зразком зі швидкістю від 15 мкм/с до 70 мкм/с. Тривалість прикладання зусилля має бути від 10 с до 15 с окрім випробування матеріалів, властивості яких залежать від тривалості, і для яких цей діапазон буде неприйнятним. Для таких випробувань допустима більша тривалість, яку треба зазначати як частину позначки твердості (див. приклад у п. 4.2).

7.5 Під час випробування прилад має бути захищений від ударів або вібрації.

7.6 Відстань між центром відбитка та пружком зразка має бути не менше ніж 2,5 довжини діагоналі відбитка для сталі, міді й мідних сплавів і не менше трьох середніх довжин діагоналі відбитка для легких металів, свинцю, олова та їх сплавів.

Відстань між центрами розташованих поряд відбитків має бути не менше трьох середніх довжин діагоналей відбитків для сталі, міді або мідних сплавів і не менше шести середніх довжин діагоналей відбитка для легких металів, свинцю, олова та їх сплавів. Якщо два розташованих поряд відбитка мають різні розміри, то відстань між ними треба визначати на підставі середньої довжини діагоналей більшого відбитка.

7.7 Вимірювання довжин діагоналей

Для розрахування твердості за Віккерсом треба брати середнє арифметичне значення двох вимірів.

Для плоских поверхонь різниця між довжинами двох діагоналей відбитка не має перевищувати 5 %. У випадку більшої різниці про це треба зазначати у протоколі випробування. Збільшувати треба так, щоб діагональ збільшувалась більше ніж на 25 %, але менше ніж на 75 % площі зору.

7.8 У ISO 6507-4 наведено таблиці розрахування, які треба застосовувати під час визначення твердості за Віккерсом на плоских поверхнях.

8 ПОХИБКА РЕЗУЛЬТАТІВ

Повне оцінювання похибки треба робити відповідно до ISO «Настанови щодо визначання похибки вимірювання» (GUM) [6].

Для твердості, незалежно від типу джерел, існує два способи визначання похибки.

— Перший спосіб базується на оцінюванні всіх відповідних джерел, які з'являються під час прямого калібрування. Під час оцінювання похибки можливо використовувати норматив EA [7].

— Другий спосіб базується на непрямому калібруванні з використанням стандартного зразка твердості (нижче використовується аббревіатура CRM [7—10]). Настави щодо використання наведено у додатку D.

Не завжди можливо визначити кількісне значення всіх ідентифікованих складових похибки. У цьому випадку оцінка стандартної похибки типу A може бути отримана шляхом статистичного аналізування серії відбитків на зразку. Підсумовуючи стандартні похибки типу A і типу B треба бути уважним, щоб ці складові не були враховані двічі (див. п. 4 GUM:1993).

9 ПРОТОКОЛ ВИПРОБУВАННЯ

У протоколі випробування має бути така інформація:

- a) посилання на цей стандарт;
- b) ідентифікація випробного зразка;
- c) отриманий результат;
- d) усі операції, зазначені у цьому стандарті, або інші варіанти;
- e) деталі будь-яких подій, які можуть мати вплив на результати;
- f) значення температури випробування, якщо вона знаходиться поза діапазоном значень, наведених у п. 7.1.

Примітка 1. Порівняння значень твердості можливе тільки за ідентичних зусиль випробувань.

Немає загального точного перетворення одиниць твердості за Віккерсом в одиниці твердості за іншими методами або в міцність під час розтягування. Треба уникати переводу, якщо неможливо отримати надійне обґрунтування для перерахування за допомогою порівняльних випробувань.

Треба відмітити, що для анізотропних матеріалів, наприклад тих, які підлягали інтенсивному холодному деформуванню, буде мати місце різниця між довжинами обох діагоналей відбитка. Там, де це можливо, відбиток треба робити так, щоб діагоналі лежали під кутом приблизно 45° до напрямку холодної деформації. У технічних умовах на виробі можна зазначити границі різниці між довжинами обох діагоналей.

Примітка. Є підтвердження того, що деякі матеріали можуть бути чутливими до швидкості деформування, яка викликає зміни значення границі плинності. Відповідний вплив на змінювання швидкості прикладання зусилля може призвести до різного значення твердості.

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

**МІНІМАЛЬНА ТОВЩИНА ЗРАЗКА
ВІДНОСНО ЗУСИЛЛЯ І ТВЕРДОСТІ**

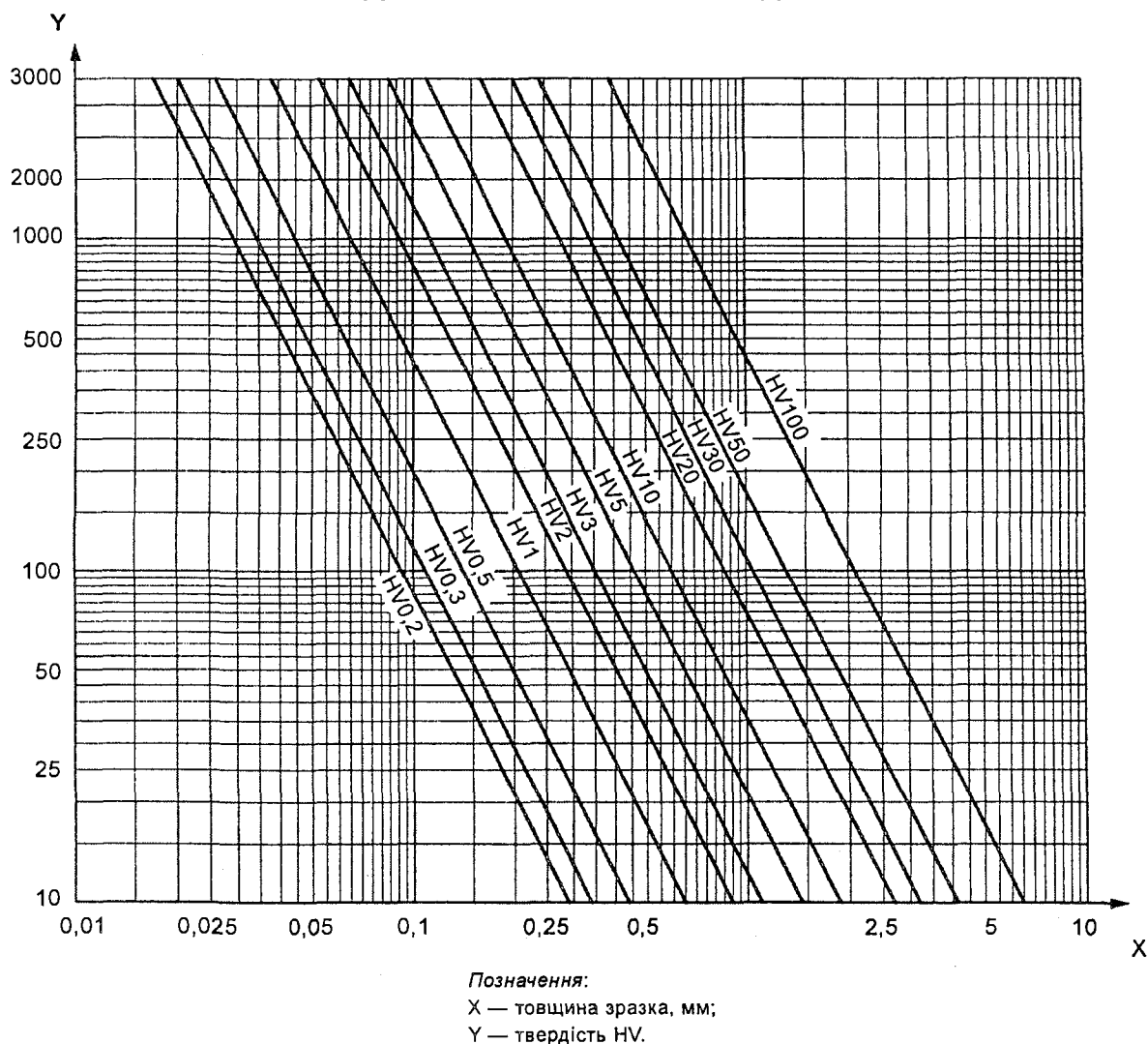
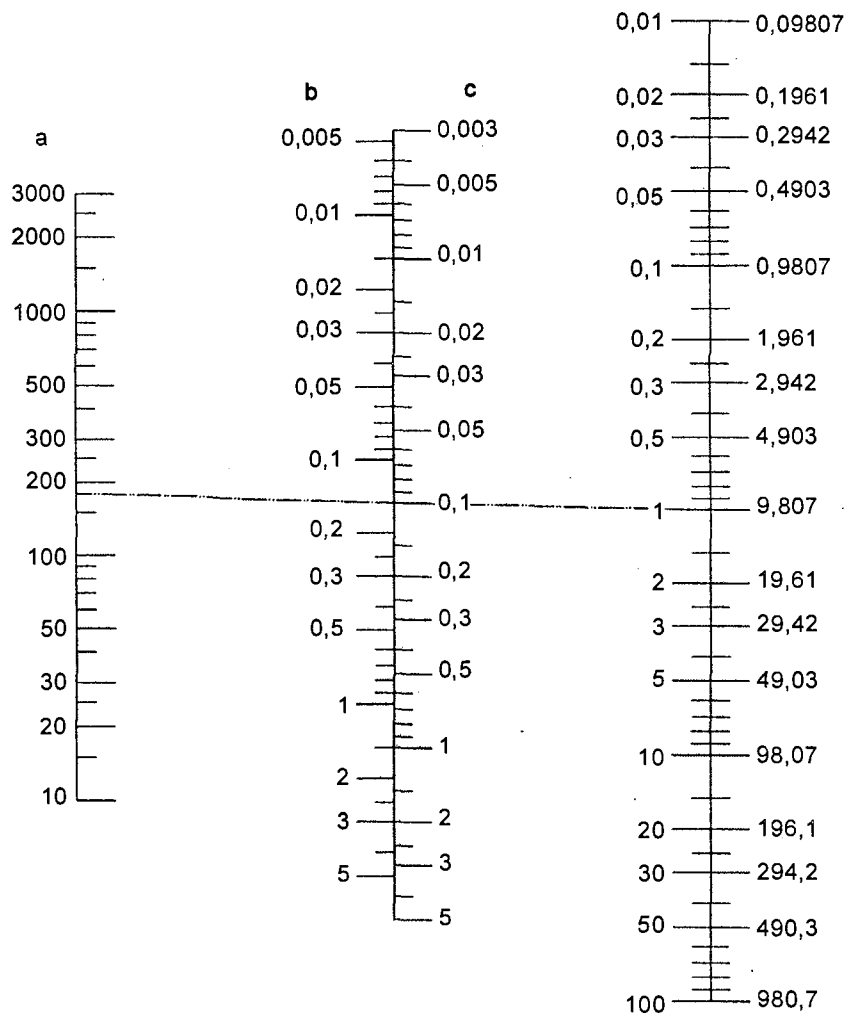


Рисунок А.1 — Мінімальна товщина зразка відносно зусилля і твердості (HV 0,2 — HV 100)



Позначки:

- a — значення твердості HV;
- b — мінімальна товщина l , мм;
- c — довжина діагоналі d , мм;
- d — символ твердості HV;
- e — зусилля випробовування F , Н.

Рисунок А.2 — Номограма для визначання мінімальної товщини зразка (HV 0,01 — HV 100)

Номограма, наведена на рисунку А.2, призначена для визначання мінімальної товщини зразка з урахуванням того, що мінімальна товщина має дорівнювати 1,5 довжини діагоналі відбитка. Потрібну товщину визначають за точкою перетину шкали мінімальної товщини з лінією (в прикладі на рисунку А.2 показана пунктиром), яка з'єднує шкалу зусилля випробування (права шкала) з шкалою твердості (ліва шкала).

ДОДАТОК В
(обов'язковий)

**ТАБЛИЦІ ПОПРАВКОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ
ДЛЯ ВИПРОБОВУВАННЯ НА КРИВИХ ПОВЕРХНЯХ**

В.1 Сферичні поверхні

У таблицях В.1 і В.2 наведені поправкові коефіцієнти для випробовування на сферичних поверхнях.

Поправкові коефіцієнти наведені як відношення середньої довжини діагоналі відбитка до діаметра D сфери.

Приклад

Опукла сфера, $D = 10$ мм

Випробовувальне зусилля, $F = 98,07$ Н

Середня довжина діагоналі відбитка $d = 0,150$ мм

$$\frac{d}{D} = \frac{0,150}{10} = 0,015$$

Твердість за Віккерсом $0,1891 \cdot \frac{98,07}{(0,15)^2} = 824$ HV 10

Поправковий коефіцієнт згідно з таблицею В.1, отриманий шляхом інтерполяції дорівнює 0,983.
Твердість сфери дорівнює $824 \cdot 0,983 = 810$ HV 10

Таблиця В.1 — Опуклі сферичні поверхні

d/D	Поправковий коефіцієнт	d/D	Поправковий коефіцієнт
0,004	0,995	0,086	0,920
0,009	0,990	0,093	0,915
0,013	0,985	0,100	0,910
0,018	0,980	0,107	0,905
0,023	0,975	0,114	0,900
0,028	0,970	0,122	0,895
0,033	0,965	0,130	0,890
0,038	0,960	0,139	0,885
0,043	0,955	0,147	0,880
0,049	0,950	0,156	0,875
0,055	0,945	0,165	0,870
0,061	0,940	0,175	0,865
0,067	0,935	0,185	0,860
0,073	0,930	0,195	0,855
0,079	0,925	0,206	0,850

Таблиця В.2 — Угнуті сферичні поверхні

d/D	Поправковий коефіцієнт	d/D	Поправковий коефіцієнт
0,004	1,005	0,024	1,030
0,008	1,010	0,028	1,035
0,012	1,015	0,031	1,040
0,016	1,020	0,035	1,045
0,020	1,025	0,038	1,050

Кінець таблиці В.2

d/D	Поправковий коефіцієнт	d/D	Поправковий коефіцієнт
0,041	1,055	0,071	1,105
0,045	1,060	0,074	1,110
0,048	1,065	0,077	1,115
0,051	1,070	0,079	1,120
0,054	1,075	0,082	1,125
0,057	1,080	0,084	1,130
0,060	1,085	0,087	1,135
0,063	1,090	0,089	1,140
0,066	1,095	0,091	1,145
0,069	1,100	0,094	1,150

В.2 Циліндричні поверхні

У таблицях В.3—В.6 наведені поправкові коефіцієнти для визначання твердості на циліндричних поверхнях.

Поправкові коефіцієнти наведені як відношення середньої довжини діагоналі відбитка до діаметра D циліндра.

Приклад

Угнута циліндрична поверхня, одна діагональ відбитка паралельна осі, $D = 5$ мм

Випробувальне зусилля $F = 294,2$ Н

Середня діагональ відбитка $d = 0,415$ мм

$$\frac{d}{D} = \frac{0,415}{5} = 0,083$$

$$\text{Твердість за Віккерсом } 0,1891 \cdot \frac{294,2}{(0,415)^2} = 323 \text{ HV } 30$$

Поправковий коефіцієнт згідно з таблицею В.6 = 1,075

Твердість угнутої циліндричної поверхні дорівнює $323 \cdot 1,075 = 347 \text{ HV } 30$.

Таблиця В.3 — Опуклі циліндричні поверхні. Діагоналі лежать під кутом 45° до осі

d/D	Поправковий коефіцієнт	d/D	Поправковий коефіцієнт
0,009	0,995	0,119	0,935
0,017	0,990	0,129	0,930
0,026	0,985	0,139	0,925
0,035	0,980	0,149	0,920
0,044	0,975	0,159	0,915
0,053	0,970	0,169	0,910
0,062	0,965	0,179	0,905
0,071	0,960	0,189	0,900
0,081	0,955	0,200	0,895
0,090	0,950		
0,100	0,945		
0,109	0,940		

під кутом 45° до осі

d/D	Поправковий коефіцієнт	d/D	Поправковий коефіцієнт
0,009	1,005	0,127	1,080
0,017	1,010	0,134	1,085
0,025	1,015	0,141	1,090
0,034	1,020	0,148	1,095
0,042	1,025	0,155	1,100
0,050	1,030	0,162	1,105
0,058	1,035	0,169	1,110
0,066	1,040	0,176	1,115
0,074	1,045	0,183	1,120
0,082	1,050	0,189	1,125
0,089	1,055	0,196	1,130
0,097	1,060	0,203	1,135
0,104	1,065	0,209	1,140
0,112	1,070	0,216	1,145
0,119	1,075	0,222	1,150

Таблиця В.5 — Опуклі циліндричні поверхні. Одна діагональ паралельна осі

d/D	Поправковий коефіцієнт	d/D	Поправковий коефіцієнт
0,009	0,995	0,085	0,965
0,019	0,990	0,104	0,960
0,029	0,985	0,126	0,955
0,041	0,980	0,153	0,950
0,054	0,975	0,189	0,945
0,068	0,970	0,243	0,940

Таблиця В.6 — Угнуті циліндричні поверхні. Одна діагональ паралельна осі

d/D	Поправковий коефіцієнт	d/D	Поправковий коефіцієнт
0,008	1,005	0,087	1,080
0,016	1,010	0,090	1,085
0,023	1,015	0,093	1,090
0,030	1,020	0,097	1,095
0,036	1,025	1,100	1,100
0,042	1,030	0,103	1,105
0,048	1,035	0,105	1,110
0,053	1,040	0,108	1,115
0,058	1,045	0,111	1,120
0,063	1,050	0,113	1,125
0,067	1,055	0,116	1,130
0,071	1,060	0,118	1,135
0,076	1,065	0,120	1,140
0,079	1,070	0,123	1,145
0,083	1,075	0,125	1,150

ДОДАТОК С
(довідковий)

МЕТОДИКА ПЕРІОДИЧНОГО ПЕРЕВІРЯННЯ ПРИЛАДА КОРИСТУВАЧЕМ

Перевіряти приладдя треба кожен день, якщо цей прилад використовують, приблизно для кожного рівня твердості і для кожного діапазону відношення зусилля-діаметр кульки, яка буде використовуватись.

Перед перевірками треба провести непряме перевірення вимірювальної системи (для кожного діапазону відношення зусилля-діаметр кульки і рівня твердості) з використанням контрольного відбитка на стандартному зразку твердості, каліброваному відповідно до ISO 6507-3. Виміряне значення має збігатися з сертифікованим значенням у границях максимально допустимої похибки, наведеної у таблиці 5 ISO 6507-2:2005. Якщо вимірювальна система не відповідає вимогам цього випробування, треба вжити відповідні заходи.

Ця перевірка потребує мінімум одного відбитка на стандартному зразку твердості, каліброваному відповідно до ISO 6507-3. Якщо різниця між середнім значенням виміряної твердості й сертифікованим значенням контрольного зразка лежить у границях допустимої похибки, наведеної в таблиці 5 ISO 6507-2:2005, то прилад можливо вважати придатним. В іншому випадку треба провести пряме перевірення.

Запис цих результатів треба зберігати протягом усього періоду випробування і використовувати для визначання відтворення та контролювання зміщення нульової точки шкали прилада.

ДОДАТОК D
(довідковий)

ПОХИБКА ВИМІРЯНОЇ ВЕЛИЧИНИ ТВЕРДОСТІ

D.1 Загальні вимоги

У підході до визначення похибки, наведеному в цьому додатку, враховано тільки ті похибки, які пов'язані з загальними характеристиками прилада для визначення твердості відносно до стандартних зразків твердості (нижче наведено скорочену назву CRM). Ці похибки, пов'язані з характеристиками прилада, відтворюють загальний вплив усіх окремих похибок (непряме перевірення). Зважаючи на такий підхід, важливо, щоб усі складові прилада працювали в границях допусків. Наполегливо рекомендовано використовувати цю методику після задовільного проходження прямого перевірення не менше одного разу на рік.

На рисунку D.1 наведено 4-рівневу структуру метрологічної схеми, потрібної для визначення та розповсюдження шкал твердості. Ця схема починається на міжнародному рівні з використанням міжнародних визначень різних шкал твердості для проведення міжнародних порівняльних досліджень. Основні стандартні прилади для визначення твердості на національному рівні «перевіряють» на стандартних зразках твердості для калібрування на лабораторному рівні. Природньо, пряме калібрування та перевірення цих приладів треба проводити на найвищому рівні точності.

D.2 Загальна методика

За цією методикою розраховують сукупну похибку u_1 , методом кореня із суми квадратів (RSS) різних джерел, наведених у таблиці D.1. Розширену похибку, U , виводять з u_1 шляхом множення на коефіцієнт $k = 2$. У таблиці D.1 наведені усі символи та їх позначки.

D.3 Систематична похибка прилада

Систематична похибка b прилада для визначення твердості (також називають помилкою), яку виводять із різниці значень між

- середнім значенням п'яти відбитків під час калібрування прилада для визначення твердості і
- сертифікованим значенням стандартного зразка твердості, може використовуватись під час визначення похибки різними методами.

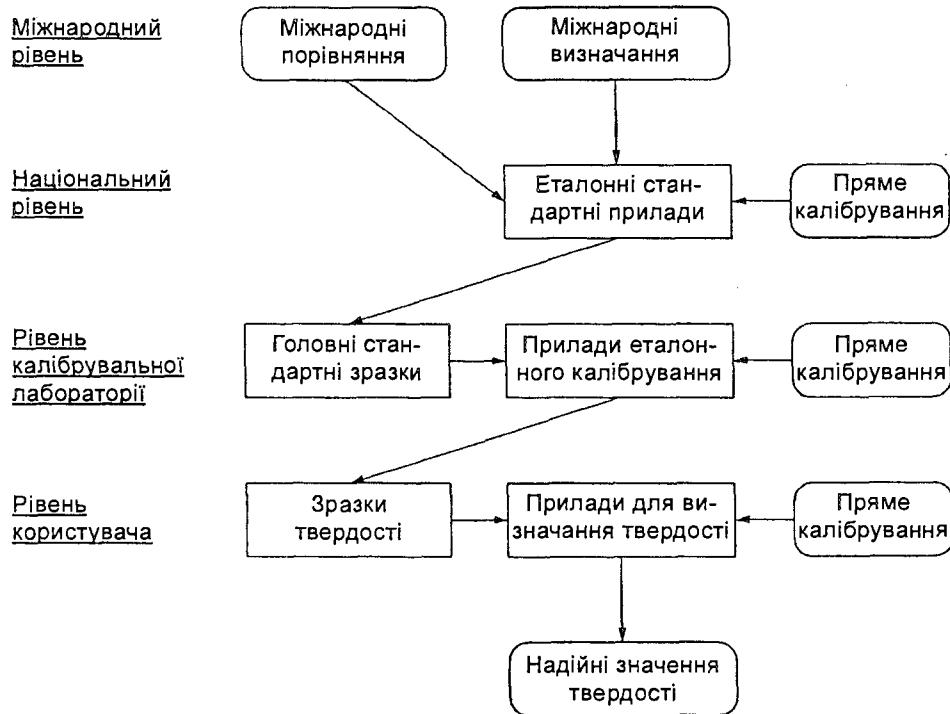


Рисунок D.1 — Структура метрологічної схеми для визначання і розповсюдження шкал твердості.

D.4 Методики розрахування похибки. Виміряні значення похибки

Примітка. У цьому додатку абревіатура «CRM» означає відповідно до стандартизованих термінів частини визначення твердості «стандартний зразок твердості».

D.4.1 Методика без систематичної похибки (метод 1).

Метод 1 (скорочено M1) — це спрощений метод, який можна використовувати без урахування систематичної помилки прилада для визначання твердості.

У M1 границя похибки, що означає діапазон, в якому значенням, визначеним приладом, дозволено відхилятися від еталонного значення, використовується для визначання джерела u_E похибки. Тут відсутня корекція значень твердості по відношенню до похибки.

Метод визначання U наведено у таблиці D.1 [6], [7]

$$U_{\text{corr}} = k \cdot \sqrt{u_E^2 + u_{\text{CRM}}^2 + u_H^2 + u_{\bar{x}}^2 + u_{\text{ms}}^2} \quad (\text{D.1})$$

Результат вимірювання визначають за такою формулою

$$\bar{X} = \bar{x} \pm U \quad (\text{D.2})$$

D.4.2 Метод із систематичною похибкою (метод 2)

Як альтернативу методу M1 можна використовувати метод 2, який встановлює співвідношення з показниками стандартного зразка твердості. За M2 можна одержати менші значення похибки.

Можливо допустити, що похибка b (позиція 10) є систематичною. В GUM рекомендовано користуватися поправкою для компенсування таких систематичних похибок. Це явище є основою M2. Помилка u_E під час розрахування похибки вже відсутня, але всі визначені значення твердості мають бути зкориговані на величини b або величини U_{corr} треба збільшити на величину b .

Метод визначання U_{corr} наведено в таблиці D.1 [9], [10].

$$U_{\text{corr}} = k \cdot \sqrt{u_{\text{CRM}}^2 + u_H^2 + u_{\bar{x}}^2 + u_{\text{ms}}^2 + u_b^2} \quad (\text{D.3})$$

Результат вимірювання визначають за формулою:

$$\bar{X}_{\text{corr}} = (\bar{x} + b) \pm U_{\text{corr}} \quad (\text{D.4})$$

$$\bar{X}_{U_{\text{corr}}} = \bar{x} \pm (U_{\text{corr}} + |\bar{b}|) \quad (\text{D.5})$$

залежно від того, чи враховують систематичну похибку (помилку) \bar{b} як частину середнього значення похибки.

D.5 Запис результату вимірювання

У запису результату вимірювання треба зазначити застосований метод. У цілому, як результат вимірювання треба використовувати метод 1 [рівняння (D.2)] (див. також таблицю D.1, позиція 12).

Таблиця D.1 — Визначання розширеної похибки за методом M1 і M2

Метод	Джерело похибки	Символи	Формула	Література/Сертифікат	Приклад [...] = HV1
1 M1	Стандартна похибка відповідно до максимально допустимої помилки	u_E	$u_E = \frac{u_{E,2r} \cdot \bar{X}_{CRM}}{2,8}$	Допустима помилка $u_{E,2r}$ відповідно до ISO 6507-2:2005 Таблиця 5 \bar{X}_{CRM} з калібрувального сертифіката CRM. Див. примітку 1	$u_E = \frac{0,04 \cdot 376}{2,8} = 5,37$
2 M1 M2	Стандартна похибка і середнє значення твердості CRM (докладний розрахунок див. ISO 6507-3:2005, таблиця A.4)	u_{CRM} \bar{X}_{CRM}	$u_{CRM} = \frac{U_{CRM}}{2}$	u_{CRM} , X_{CRM} відповідно до калібрувального сертифіката CRM. Див. примітку 2	$u_{CRM} = \frac{6,00}{2} = 3,00$ $\bar{X}_{CRM} = 376,0$
3 M1 M2	Стандартне значення і стандартний відхил вимірювання на CRM	\bar{H} s_H	$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n}$ $s_H = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2}$	H_i відповідно до ISO 6507-2:2005, 5.9. Для калібрування s_H треба брати більше із значень s_{H1} і s_{H2}	Окремі значення H_i (1) (1) 377 – 376 – 377 – 377 – 377 $\bar{H}_1 = 376,8; s_{H1} = 0,45$ (2) 376 – 377 – 376 – 378 – 376 $\bar{H}_2 = 376,6; s_{H2} = 0,89$
4 M1 M2	Стандартна похибка приладу для визначання твердості під час вимірювання CRM	$u_{\bar{H}}$	$u_{\bar{H}} = \frac{t \cdot s_H}{\sqrt{n}}$	$t = 1,14$ для $n = 5$	$u_{\bar{H}} = \frac{1,14 \cdot 0,89}{\sqrt{5}} = 0,45$
5 M1 M2	Середнє значення і стандартний відхил під час випробування зразка	\bar{x} s_x	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ $s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$	$n = 5$ 5 вимірів зразка. Див. примітку 3. Якщо $n = 1$, $s_x = 0$. У сертифікаті треба зазначити, що похибка відноситься тільки до конкретного показника, а не до зразка в цілому.	Окремі значення 419 – 439 – 449 – 442 – 444 $\bar{x} = 438,6$ $s_x = 11,55$
6 M1 M2	Стандартний відхил під час вимірювання зразка	$u_{\bar{x}}$	$u_{\bar{x}} = \frac{t \cdot s_x}{\sqrt{n}}$	$t = 1,14$ для $n = 5$	$u_{\bar{x}} = \frac{1,14 \cdot 11,55}{\sqrt{5}} = 5,89$
7 M2	Стандартна похибка відповідно до роздільної здатності приладу для вимірювання довжини	u_{ms}	$u_{ms} = \frac{2H}{d} \cdot \frac{\delta_{ms}}{2\sqrt{3}}$	$\delta_{ms} = 0,0001$ мм $H = 438,6$ HV $d = 0,065$ мм	$u_{ms} = \frac{438,6 \cdot 0,0001}{0,065 \cdot \sqrt{3}} = 0,39$

Метод	Джерело похибки	Символи	Формула	Література/Сертифікат	Приклад [...] = HV1
8 M2	Відхил приладу для вимірювання твердості від калібрувального значення	\bar{b}	$\bar{b} = \bar{H} - \bar{X}_{CRM}$	Позиції 2 і 3. Дивись примітку 4	$b_1 = 376,8 - 376 = 0,8$ $b_2 = 376,6 - 376 = 0,6$
9 M2	Стандартний відхил відхилу b	s_b	$\bar{b} = \frac{1}{n_m} \sum_{i=1}^{n_m} b_i$ $s_b = \sqrt{\frac{1}{n_m - 1} \sum_{i=1}^{n_m} (b_i - \bar{b})^2}$	Позиція 8 для $n_m = 2$ кількість серій вимірювання	$\bar{b} = 0,7$ $s_b = 0,14$
10 M2	Стандартна похибка визначення b . Можливо визначити тільки після другої серії вимірювань.	u_b	$u_b = \frac{t \cdot s_b}{\sqrt{n_m}}$	Позиція 9 $t = 1,84$ для $n_m = 2$ Дивись примітку 5	$u_b = \frac{1,84 \cdot 0,14}{\sqrt{2}} = 0,18$
11 M1	Визначення розширеної похибки.	U	$U = k \cdot \sqrt{u_E^2 + u_{CRM}^2 + u_H^2 + u_X^2 + u_{ms}^2}$	Позиції 1—7 $k = 2$	$U = 2 \cdot \sqrt{5,37^2 + 3,00^2 + 0,46^2 + 5,94^2 + 0,39^2}$ $U = 17,14$ HV
12 M1	Результат вимірювання	\bar{X}	$\bar{X} = \bar{x} \pm U$	Позиції 5 і 11	$\bar{X} = 438,6 \pm 17,1$ HV (M1)
13 M2	Визначення скоригованої розширеної похибки	U_{corr}	$U_{corr} = k \cdot \sqrt{u_{CRM}^2 + u_H^2 + u_X^2 + u_{ms}^2 + u_b^2}$	Позиції 2—7 і 10 $k = 2$	$U_{corr} = 2 \cdot \sqrt{3,00^2 + 0,46^2 + 5,94^2 + 0,39^2 + 0,18^2}$ $U_{corr} = 13,36$ HV
14 M2	Результат вимірювання із скоригованим середнім значенням	\bar{X}_{corr}	$\bar{X}_{corr} = (\bar{x} + \bar{b}) \pm U_{corr}$	Позиції 5, 8 і 13	$\bar{X}_{corr} = (439,8 \pm 13,4)$ HV (M2)
15 M2	Результат вимірювання із скоригованою похибкою	$\bar{X}_{u_{corr}}$	$\bar{X}_{u_{corr}} = \bar{x} \pm (U_{corr} + \bar{b})$	Позиції 5, 8 і 13	$\bar{X}_{u_{corr}} = (438,6 \pm 14,1)$ HV (M2)

Примітка 1. Коефіцієнт 2,8 отримують із визначення стандартної похибки для нормального розподілу.

Примітка 2. За потреби враховують зміни твердості CRM.

Примітка 3. Якщо між вимірюванням CRM і зразка змінювали оптику вимірювального пристрою, потрібно враховувати відповідний вплив.

Примітка 4. Якщо $0,8u_{E, 2r} < b < 1,0u_{E, 2r}$ треба врахувати відношення між значеннями твердості CRM і зразка.

Примітка 5. Через те, що для $n_m = 2$ в похибці u_b вплив довготривалого змінення b не враховують, то для відповідальних галузей використання можливе збільшення кількості вимірювань n_m

БІБЛІОГРАФІЯ

- 1 ISO 6507-3 Metallic materials — Vickers hardness test — Part 3: Calibration of reference blocks
- 2 Bückle H. Mikrohärteprüfung und ihre Anwendung. Verlag Berliner Union Stuttgart, 1965, pp. 296. (Note: very extensive.)
- 3 Bückle H. Echte und scheinbare Fehlerquellen bei der Mikrohärteprüfung: Ihre Klassifizierung und Auswirkung auf die Messwerte. VDI-Berichte 11 (1957), pp. 29—43. (Note: extensive)
- 4 Dengel D. Wichtige Gesichtspunkte für die Härtemessung nach Vickers und nach Knoop im Bereich der Kleinlast- und Mikrohärte, Z. f. Werkstofftechnik 4 (1973), pp. 292—298. (Note: short extract.)
- 5 Matthaei E. Härteprüfung mit kleinen Prüfkraften und ihre Anwendung bei Randschichten (kritische Literaturbewertung), pp. 47, 192 Schrifttumshinweise. Verlag DGM-Informationsgesellschaft Oberursel, 1987. (Note: overall view of sources.)
- 6 BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, 01 ML. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 1993¹⁾
- 7 EA 10-16 Guidelines on the Estimation of Uncertainty in Hardness Measurements, 2001
- 8 Gabauer W. Manual of Codes of Practice for the Determination of Uncertainties in Mechanical Tests on Metallic Materials, The Estimation of Uncertainties in Hardness Measurements, Project, No. SMT4-CT97-2165, UNCERT COP 14: 2000
- 9 Gabauer W., Binder O. Abschätzung der Messunsicherheit in der Härteprüfung unter Verwendung der indirekten Kalibriermethode, DVM Werkstoffprüfung, Tagungsband 2000, S. pp. 255—261
- 10 Polzin T., Schwenk D. Estimation of Uncertainty of Hardness Testing; PC file for the determination, Materialprüfung, 3, 2002 (44), pp. 64—71

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

- 1 ISO 6507-3 Матеріали металеві. Визначання твердості за Віккерсом. Частина 3. Калібрування контрольних зразків
- 2 Bückle H. Визначання мікротвердості та її використання. Verlag Berliner Union Stuttgart, 1965, pp. 296. (Note: very extensive)
- 3 Bückle H. Явні та неявні джерела дефектів під час визначання мікротвердості. Їх класифікація та вплив на значення вимірювань. VDI-Berichte 11 (1957), pp. 29—43. (Note: extensive)
- 4 Dengel D. Важливі точки зору на визначання твердості за Віккерсом та Кнопом у частині твердості за малих значень навантаги і мікротвердості. Z. f. Werkstofftechnik 4 (1973), pp. 292—298 (Note: short extract)
- 5 Matthaei E. Визначання твердості за малих значень навантаги та їх використання під час визначення твердості у приповерхневих шарах (практичний огляд літератури), с. 47, 192 вказівники літератури. Verlag DGM-Informationsgesellschaft Oberursel, 1987. (Note: overall view of sources)
- 6 BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, 01 ML. Настанова щодо визначання похибки вимірювання, 1993¹⁾
- 7 EA 10-16 Настанова щодо визначання похибок під час вимірювання твердості, 2001
- 8 Gabauer W. Збірник норм та правил з визначання похибок під час вимірювання твердості, Металеві матеріали, Визначання похибки під час вимірювання твердості, Проект, No. SMT4-CT97-2165, UNCERT COP 14:2000
- 9 Gabauer W., Binder O. Визначання похибки під час вимірювання твердості з використанням непрямих методів калібрування, DVM Werkstoffprüfung, Tagungsband 2000, S. pp. 255—261
- 10 Polzin T., Schwenk, D. Визначання похибки під час вимірювання твердості. Комп'ютерний файл для визначання, Materialprüfung, 3, 2002 (44), pp. 64—71

¹⁾ Виправлено та передруковано в 1995 р.

Код УКНД 77.040.10

Ключові слова: випробний зразок, випробовування на твердість, відбиток, зусилля випробовування, металеві матеріали, похибка результатів, прилад для випробовування.
