



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

---

## **МЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ**

**Визначення твердості за Віккерсом  
Частина 2. Повірка та калібрування приладів  
для вимірювання твердості  
(ISO 6507-2:2005, IDT)**

**ДСТУ ISO 6507-2**

Проект, перша редакція



## ЗМІСТ

	с.
Національний вступ .....	IV
1 Сфера застосування .....	1
2 Нормативні посилання .....	1
3 Загальні умови .....	2
4 Пряма повірка .....	2
5 Непряма повірка .....	4
6 Періодичність повірок .....	6
7 Протокол про повірку/свідоцтво про калібрування .....	7
Додаток А Примітка щодо алмазних інденторів .....	7
Додаток В Похибка результатів калібрування приладу для вимірювання твердості .....	7
Бібліографія .....	12

## НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожний переклад ISO 6507-2:2005 Metallic materials — Vickers hardness test — Part 2: Verification and calibration of testing machines (Металеві матеріали. Визначання твердості за Віккерсом. Частина 2. Повірка та калібрування приладів для вимірювання твердості).

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:

— слова «ця частина ISO 6507» замінено на «цей стандарт»;

— структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Передмову», «Національний вступ» та «Бібліографічні дані» — оформлено згідно з комплексом стандартів «Національна стандартизація»;

— у розділах «Нормативні посилання», «Непряма повірка (вивіряння)» та «Бібліографія» наведено «Національне пояснення», виділене у тексті рамкою;

— позначки одиниць виміру відповідають багаточастинному стандарту ДСТУ 3651:1997 «Метрологія. Одиниці фізичних величин».

Копії міжнародних стандартів, на які є посилання в цьому стандарті, можна замовити в Головному фонді нормативних документів.

## **1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**

Цей стандарт установлює метод повірки (вивіряння) і калібрування приладів для вимірювання твердості за Віккерсом згідно з ISO 6507-1.

Описують прямий метод перевіряння основних функцій приладу та непрямий метод для загального перевіряння приладу. Непрямий метод використовують також для звичайного періодичного перевіряння роботи приладу під час його експлуатування.

Якщо прилад використовують також для інших методів вимірювання твердості, його треба вивіряти відповідно для кожного методу.

Положення цього стандарту також поширюють на переносні прилади.

## **2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ**

Документи, наведені нижче, на які роблять посилання, обов'язкові для сфери застосування цього стандарту. Для датованих посилань чинна тільки зазначена публікація. Для недатованих посилань чинна тільки найостанніша публікація (охоплюючи всі поправки).

ISO 376 Metallic materials — Calibration of force-proving instruments used for the verification of uniaxial testing machines

ISO 3878 Hardmetals — Vickers hardness test

ISO 6507-1:2005 Metallic materials — Vickers hardness test — Part 1: Test method

ISO 6507-3 Metallic materials — Vickers hardness test — Part 3: Calibration of reference blocks.

## НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

ISO 376:2004 Металеві матеріали. Калібрування приладів для вимірювання зусилля використовують для повірки (вивіряння) одноосних вимірювальних приладів

ISO 3878 Тверді метали. Визначання твердості за Віккерсом

ISO 6507-1: 2005 Металеві матеріали. Визначання твердості за Віккерсом. Частина 1. Метод випробування (Впроваджений в Україні як ДСТУ ISO 6507-1:2007)

ISO 6507-3 Металеві матеріали. Визначання твердості за Віккерсом. Частина 3. Калібрування стандартних зразків.

### 3 ЗАГАЛЬНІ УМОВИ

Перед початком повірки приладу для вимірювання твердості за Віккерсом, треба перевірити основні складанні одиниці приладу, щоб переконатись у правильності їхньої роботи відповідно до інструкції виробника.

Особливо важливо перевірити таке:

- a) вільне переміщення штока, на якому закріплений індентор;
- b) надійність кріплення утримувача індентора на штоці;
- c) випробувальне зусилля треба прикладати та знімати без поштовхів і вібрації так, щоб це не впливало на точність зняття показів;
- d) якщо вимірювальна система вбудована в прилад, то:
  - перехід від зняття випробувального зусилля до режиму вимірювання не має впливати на значення показів;
  - освітлювання не має впливати на зняття показів;
  - за можливості, центр відбитка має знаходитись у центрі поля зору.

Освітлювальний прилад вимірювального мікроскопу має рівномірно освітлювати усю площу за мінімального контрасту між відбитком і навколишньою поверхнею.

### 4 ПРЯМА ПОВІРКА

#### 4.1 Загальні положення

4.1.1 Пряму повірку проводять за температури  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ . Якщо повірку проводять за температури, значення якої вище зазначеного діапазону, про це треба зазначити у звіті про повірку.

4.1.2 Прилади, використовувані для повірки і калібрування, мають відповідати національним стандартам.

4.1.3 Пряма повірка охоплює таке:

- a) калібрування зусилля вимірювання;
- b) повірку індентора;
- c) калібрування вимірювальної системи;
- d) перевіряння вимірювального циклу.

#### 4.2 Калібрування зусилля вимірювання твердості

4.2.1 Кожне зусилля під час вимірювання твердості перевіряють у межах робочого діапазону приладу. Коли можливо, це треба робити не менше, ніж у трьох положеннях штоку, розділяючи числове значення довжини ходу під час вимірювання на рівні частини.

4.2.2 Кожне зусилля в кожному положенні штоку потрібно тричі вимірювати. Безпосередньо перед кожним вимірюванням шток має рухатися у тому самому напрямку, що й під час вимірювання твердості.

4.2.3 Зусилля треба вимірювати одним із таких методів:

- за допомогою приладу для перевіряння зусилля відповідно до ISO 376:2004, клас 1;
- або способом урівноважування зусилля з похибкою  $\pm 0,2 \%$  за допомогою каліброваних гир або іншим методом із такою самою похибкою.

4.2.4 Кожне вимірювання значення зусилля потрібно виконувати у межах допусків номінального значення зусилля вимірювання, наведеного у таблиці 1.

Таблиця 1

Діапазони зусилля вимірювання $F$ , Н	Допустима похибка, %
$F \geq 1,961$	$\pm 1,0$
$0,098\ 07 \leq F < 1,961$	$\pm 1,5$

### 4.3 Повірка індентора

4.3.1 Усі чотири грані алмазної піраміди з квадратною основою мають бути відполіровані та не мати дефектів поверхні.

4.3.2 Повірку форми індентора проводять прямим вимірюванням або вимірюванням його проекції на екрані.

4.3.3 Значення кута між протилежними гранями біля вершини піраміди має бути  $(136 \pm 0,5)^\circ$  (див. рисунок 1).

Примітка. Значення кута між протилежними гранями також визначають по куту між протилежними ребрами: значення має бути  $(148,11 \pm 0,76)^\circ$ .

4.3.4 Значення кута між віссю алмазної піраміди і віссю утримувача індентора (перпендикулярної відносно опорної поверхні) має бути менше ніж  $0,50^\circ$ . Усі чотири грані мають сходиться у точці. Значення максимально допустимої довжини лінії сполучання між протилежними гранями наведено у таблиці 2 (див. рисунок 2).

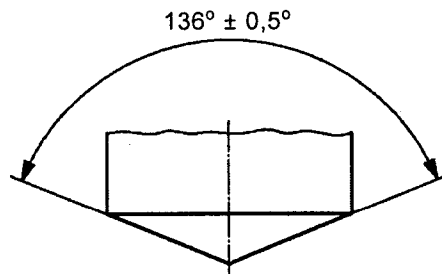
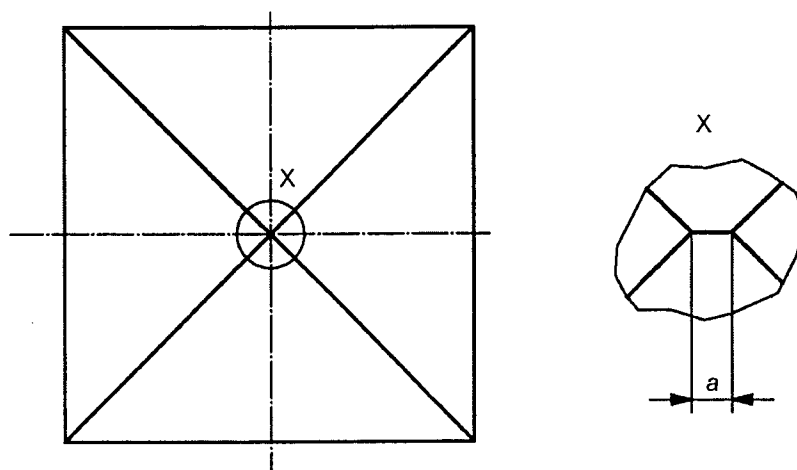


Рисунок 1 — Кут алмазної піраміди



Умовна позначка:

$a$  — довжина лінії сполучення

Рисунок 2 — Лінія сполучення між гранями біля вершини індентора (схематичне зображення)

Таблиця 2

Діапазони зусилля вимірювання, $F$ , Н	Максимально допустима довжина лінії сполучення, $a$ , мм
$F \geq 49,03$	0,002
$1,961 \leq F < 49,03$	0,001
$0,098\ 07 \leq F < 1,961$	0,000 5

#### 4.4 Калібрування вимірювальної системи

4.4.1 Роздільна здатність, очікувана від вимірювальної системи, залежить від розміру найменшого відбитка, який треба виміряти.

Шкала вимірювальної системи має бути поградуйована так, щоб можливо було обчислювати діагоналі відбитків відповідно до таблиці 3.

Таблиця 3

Довжина діагоналі, $d$ , мм	Роздільна здатність вимірювальної системи	Максимально допустима похибка
$d \leq 0,040$	0,000 2 мм	0,000 4 мм
$0,040 < d \leq 0,200$	0,5 % від $d$	1,0 % від $d$
$d > 0,200$	0,001 мм	0,002 мм
Примітка. Довжина діагоналі відбитка визначає потрібне збільшення $V$ вимірювальної системи відповідно до такої умови: $V \times d \geq 14$ мм Для діагоналей відбитків $d < 0,035$ мм ця умова може не виконуватися, однак збільшення має бути як мінімум $\times 400$ .		

Потрібну здатність вимірювальної системи для визначання твердості за Віккерсом твердих сплавів наведено в ISO 3878.

4.4.2 Вимірювальну систему вивіряють за допомогою мікрометра як мінімум у п'яти інтервалах по кожному робочому діапазону.

Максимально допустима похибка не може перевищувати значень, наведених у таблиці 3.

#### 4.5 Перевіряння вимірювального циклу

Цикл вимірювання має продовжуватися протягом заданого часу з похибкою  $\pm 1,0$  с і бути таким, як визначено у ISO 6507-1.

### 5 НЕПРЯМА ПОВІРКА

5.1 Непряму повірку виконують за температури  $(23 \pm 5)$  °C із застосуванням стандартних зразків, каліброваних відповідно до ISO 6507-3. Якщо повірку проводять за температури, значення якої знаходяться поза межами зазначеного діапазону, це має бути зафіксовано у звіті про повірку.

5.2 На кожному стандартному зразку роблять контрольні відбитки. Для кожного стандартного зразка різниця між усередненим значенням виміряних величин і сертифікованим середнім значенням діагоналі не має перевищувати значень максимально допустимих похибок, наведених у таблиці 3.

5.3 Прилад для вимірювання твердості треба вивіряти для кожного вимірювального зусилля. Для кожного зусилля вимірювання відбирають два контрольних зразки в діапазонах твердості, наведених нижче. Зразки треба відбирати так, щоб під час вивіряння у кожному діапазоні твердості використовували хоча б один зразок:

- $\leq 225$  HV;
- від 400 HV до 600 HV;
- $> 700$  HV.

5.4 Під час повірки вимірювальних приладів до використання тільки одного вимірювального зусилля використовують три контрольних зразки, по одному в кожному діапазоні, зазначеному у 5.2.



5.5 На кожний контрольний зразок наносять і вимірюють п'ять відбитків. Випробовування проводять відповідно до ISO 6507-1.

5.6. В окремих випадках прилад можна вивіряти тільки за одного певного значення, яке приблизно відповідатиме значенню майбутніх випробовувань.

5.7 Для кожного стандартного зразка, якщо  $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5$  будуть середньоарифметичні значення виміряних довжин двох діагоналей відбитків у зростальному порядку, то:

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5}{5} \quad (1)$$

5.8 Відтворюваність результатів приладу для вимірювання твердості за конкретних умов повірки визначають за формулою:

$$r = d_5 - d_1 \quad (2)$$

Відтворюваність, виражену у відсотках від  $\bar{d}$ , визначають за формулою:

$$r_{rel} = 100 \times \frac{d_5 - d_1}{\bar{d}} \quad (3)$$

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ  
Індекс rel (повністю relative) тут і далі перекладено як відносне.

Отриману відтворюваність результатів приладу для вимірювання твердості вважають незадовільною, якщо вона не відповідає умовам, наведеним у таблиці 4.

Таблиця 4

Твердість стандартного зразка	Відтворюваність приладу, макс						
	$r_{rel}, \%$			$r_{HV}^b$			
	HV 5 до HV100	HV 0,2 до < HV 5	< HV 0,2	HV 5 до HV 100		HV 0,2 до < HV 5	
				Твердість стандартного зразка	HV	Твердість стандартного зразка	HV
$\leq 225$ HV	3,0 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>	100	6	100	12
				200	12	200	24
$> 225$ HV	2,0 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	250	10	250	20
				350	14	350	28
				600	24	600	48
				750	30	750	60

<sup>a</sup> або 0,001 мм, зважаючи на те, що більше  
<sup>b</sup> HV: твердість за Віккерсом

5.9 Похибку  $E$  приладу за конкретних умов повірки визначають за формулою:

$$E = \bar{H} - H_c \quad (4)$$

де

$$\bar{H} = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5}{5} \quad (5)$$

де  $H_1, H_2, H_3, H_4, H_5$  — значення твердості, які відповідають значенням  $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5$ ;  
 $H_c$  — сертифікована твердість використовуваного стандартного зразка.

Похибку  $E_{rel}$  у відсотках визначають за такою формулою:

$$E_{rel} = 100 \times \frac{\bar{H} - H_c}{H_c} \quad (6)$$

Максимальна похибка приладу, виражена у відсотках від встановленої твердості стандартного зразка, не має перевищувати значення, наведені у таблиці 5.

Таблиця 5

Позначка твердості	Максимально допустима похибка $E_{rel}$ приладу у відсотках для вимірювання твердості															
	Твердість, HV															
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1500
HV 0,01																
HV 0,015	10															
HV 0,02	8															
HV 0,025	8	10														
HV 0,05	6	8	9	10												
HV 0,1	5	6	7	8	8	9	10	10	11							
HV 0,2		4		6		8		9		10	11	11	12	12		
HV 0,3		4		5		6		7		8	9	10	10	11	11	
HV 0,5		3		5		5		6		6	7	7	8	8	9	11
HV 1		3		4		4		4		5	5	5	6	6	6	8
HV 2		3		3		3		4		4	4	4	4	5	5	6
HV 3		3		3		3		3		3	4	4	4	4	4	5
HV 5		3		3		3		3		3	3	3	3	3	4	4
HV 10		3		3		3		3		3	3	3	3	3	3	3
HV 20		3		3		3		3		3	3	3	3	3	3	3
HV 30		3		3		2		2		2	2	2	2	2	2	2
HV 50		3		3		2		2		2	2	2	2	2	2	2
HV 100				3		2		2		2	2	2	2	2	2	2

Примітка 1. Значення не наводять, якщо довжина діагоналі відбитка менше ніж 0,020 мм.  
Примітка 2. Для проміжних значень максимально допустима похибка може бути отримана інтерполяцією.  
Примітка 3. Значення для приладів, які вимірюють мікротвердість, засновані на максимально допустимій похибці 0,001 мм або 2 % від довжини діагоналі відбитка, зважаючи на те, що більше.

5.10 Визначання похибки вимірювання результатів калібрування приладу для вимірювання твердості наведено у додатку В.

## 6 ПЕРІОДИЧНІСТЬ ПОВІРОК

Технічні вимоги до прямої повірки приладів для вимірювання твердості наведено в таблиці 6. Непряму повірку проводять не рідше одного разу на 12 місяців і після виконання прямої повірки.

Таблиця 6

Вимоги повірки	Зусилля	Вимірювальний пристрій	Вимірювальний цикл	Індентор <sup>a</sup>
Перед першим вимірюванням	x	X	X	x
Після розбирання і збирання, якщо було порушено зусилля, вимірювальна система чи вимірювальний цикл	x	X	X	
Невдала непряма повірка <sup>b</sup>	x	X	X	
Непряма повірка не виконувалася > 14 місяців	x	X	X	

<sup>a</sup> Крім того, рекомендовано виконувати пряму повірку індентора після 2 років використання.  
<sup>b</sup> Пряму повірку цих параметрів можна виконувати регулярно (доки прилад пройде непряму повірку). Не треба її проводити, якщо можна встановити (наприклад, вимірювання каліброваним індентором), що виконати повірку неможливо через індентор.

## 7 ПРОТОКОЛ ПРО ПОВІРКУ/СВІДОЦТВО ПРО КАЛІБРУВАННЯ

Протокол про повірку/свідоцтво про калібрування має містити таку інформацію:

- a) посилання на цей стандарт;
- b) метод повірки (пряме і (або) непряме);
- c) ідентифікаційні дані приладу для вимірювання твердості;
- d) засоби повірки (стандартні зразки, перевірювальні засоби тощо);
- e) перевірені вимірювальні зусилля;
- f) температура під час виконання повірки;
- g) отриманий результат;
- h) дата повірки і посилання на організацію, яка проводила повірку;
- i) похибка результатів повірки.

ДОДАТОК А  
(довідковий)

### ПРИМІТКА ЩОДО АЛМАЗНИХ ІНДЕНТОРІВ

З досвіду відомо, що багато задовільно працюючих інденторів протягом відносно нетривалого часу використання набувають дефектів.

Це можна пояснити невеликими тріщинами, раковинами або іншими дефектами поверхні. Якщо такі дефекти своєчасно виявляють, то більшість інденторів можна відновити шліфуванням. У разі несвоєчасного виявлення, незначні дефекти швидко роблять індентор непридатним.

У цьому разі

— стан інденторів треба перевіряти візуально по відбитках на стандартному зразку (у разі використання приладу);

— у повірці індентора немає сенсу, якщо в ньому є дефекти;

— перешліфовані або іншим способом відремонтовані індентори підлягають вторинній повірці.

ДОДАТОК В  
(довідковий)

### ПОХИБКА РЕЗУЛЬТАТІВ КАЛІБРУВАННЯ ПРИЛАДУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТВЕРДОСТІ

Метрологічну схему, потрібну для визначання і розповсюдження шкал твердості, наведено на рисунку Д.1 у стандарті ISO 6507-1.

#### В.1 Пряма повірка приладу для вимірювання твердості

##### В.1.1 Калібрування зусилля вимірювання

Загальну відносну стандартну похибку калібрування зусилля вимірювання обчислюють за такою формулою:

$$u_F = \sqrt{u_{FRS}^2 + u_{FHTM}^2}, \quad (B.1)$$

де  $u_{FRS}$  — відносна похибка датчика для вимірювання зусилля (зі свідоцтва про калібрування);  
 $u_{FHTM}$  — відносна стандартна похибка вимірювання датчиком зусилля, створеного приладом.

Похибку вимірювання, створеного приладом зусилля, та похибку датчика зусилля зазначають у відповідному свідоцтві про калібрування. У відповідальних випадках треба враховувати такі чинники, як:

- температурна залежність;
- довгострокова стабільність;

— інтерполяційний відхил, залежно від конструкції датчика зусилля. Треба враховувати співвісність датчика зусилля відносно індентора приладу для вимірювання твердості.

Приклад

Похибка вимірювання датчика зусилля (зі свідоцтва про калібрування):

$$U_{FRS} = 0,12 \% \quad (\kappa = 2)$$

Значення калібрування датчика зусилля

$$F_{RS} = 294,2 \text{ Н}$$

Таблиця В.1 — Результати калібрування зусилля вимірювання

Номер позиції під час калібрування зусилля вимірювання	Серія 1, $F_1$ , Н	Серія 2, $F_2$ , Н	Серія 3, $F_3$ , Н	Середнє значення, $\bar{F}$ , Н	Відносний відхил, $\Delta F_{rel}$ , %	Відносна стандартна похибка вимірювання, $u_{FHTM}$ , %
1	294,7	294,9	294,5	294,7	0,17	0,04
2	293,9	294,5	294,6	294,3	0,03	0,07
3	293,1	294,0	293,7	293,6	0,20	0,09

де

$$\Delta F_{rel} = \frac{F_{RS} - \bar{F}}{\bar{F}} \quad (\text{В.2})$$

$$u_{FHTM} = \frac{S_{F,i}}{\bar{F}} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}}, \quad (n = 3) \quad (\text{В.3})$$

$S_{F,i}$  — стандартний відхил показів зусилля вимірювання  $i$ -ї позиції.

У таблиці А.2 використано максимальне значення  $u_{FHTM}$  із таблиці В.1.

Таблиця В.2 — Розрахунок похибки вимірювання зусилля

Величина, $X_i$	Розраховане значення, $X_i$	Граничне значення, $a_i$	Тип розподілення	Відносна стандартна похибка вимірювання, $u(x_i)$	Коефіцієнт чутливості, $c_i$	Внесок відносної похибки, $U_i(H)$
$u_{FRS}$	294,2 Н		Нормальн	$6,0 \times 10^{-4}$	1	$6,0 \times 10^{-4}$
$u_{FHTM}$	0,06 Н		Нормальн	$9,0 \times 10^{-4}$	1	$9,0 \times 10^{-4}$
Відносна загальна похибка $u(F)_F$						$1,08 \times 10^{-3}$
Відносна розширена похибка вимірювання $U(F)$ ( $\kappa = 2$ )						$2,2 \times 10^{-3}$

Таблиця В.3 — Розрахунок максимального відносного відхилу зусилля вимірювання, охоплюючи похибку вимірювання еталонного приладу

Відносний відхил зусилля вимірювання, $\Delta F_{rel}$ , %	Розширена відносна похибка зусилля вимірювання, $U_F$ , %	Максимальний відносний відхил зусилля вимірювання, охоплюючи похибку вимірювання стандартного приладу, $\Delta F_{макс}$ , %
0,20	0,22	0,42

де

$$\Delta F_{макс} = |\Delta F_{rel}| + U_F \quad (\text{В.4})$$

З наведеного прикладу видно, що відхил зусилля вимірювання, охоплюючи похибку вимірювання стандартного приладу, відповідає величинам, наведеним у 4.2, які дорівнюють відповідним значенням  $\pm 1$  %.

### В.1.2 Калібрування вимірювальної системи

Загальну відносну стандартну похибку для вимірювальної системи приладу розраховують за формулою:

$$u_L = \sqrt{u_{LRS}^2 + u_{ms}^2 + u_{LНТМ}^2}, \quad (B.5)$$

де  $u_{LRS}$  — відносна похибка вимірювання об'єкт-мікрометра (еталон) за свідоцтвом калібрування при  $k = 1$ ;

$u_{ms}$  — відносна похибка вимірювання, яка залежить від роздільної здатності вимірювальної системи;

$u_{LНТМ}$  — відносна стандартна похибка вимірювання приладу.

Похибку вимірювальної системи приладу об'єкт-мікрометром наводять у свідоцтві про калібрування. Такі чинники, як:

- температурна залежність;
- довготривала стабільність;
- інтерполяційний відхил

не мають дієвого впливу на похибку вимірювання об'єкт-мікрометром.

#### Приклад

Похибка вимірювання об'єкт-мікрометром  $u_{LRS} = 0,0005$  мм ( $k = 2$ )

Роздільна здатність вимірювальної системи:  $\delta_{ms} = 0,1$  мкм

Таблиця В.4 — Результати калібрування вимірювальної системи

Показання об'єкт-мікрометра, $L_{RS}$ , мм	Серія 1, $L_1$ , мм	Серія 2, $L_2$ , мм	Серія 3, $L_3$ , мм	Середнє значення, $\bar{L}$ , мм	Відносний відхил, $\Delta L_{rel}$ , %	Відносна стандартна похибка вимірювання, $u_{LНТМ}$ , %
0,05	0,050 0	0,050 0	0,050 1	0,050 1	0,07	0,07
0,10	0,100 2	0,100 0	0,100 1	0,100 1	0,10	0,06
0,20	0,200 1	0,199 9	0,200 1	0,200 0	0,02	0,03
0,30	0,299 7	0,300 1	0,300 1	0,300 0	-0,01	0,04
0,40	0,400 2	0,400 1	0,400 3	0,400 2	0,05	0,01

де 
$$u_{LНТМ} = \frac{S_{L,i}}{\bar{L}} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}}, \quad (n = 3) \quad (B.6)$$

$$\Delta L_{rel} = \frac{\bar{L} - L_{RS}}{L_{RS}} \quad (B.7)$$

$S_{L,i}$  — стандартний відхил показів довжини для значення  $i$ -го показника об'єкт-мікрометра.

Таблиця В.5 — Розрахунок похибки вимірювання вимірювальної системи

Величина, $X_i$	Розраховане значення, $x_i$	Граничне значення, $a_i$	Тип розподілення	Відносна стандартна похибка, $u(x_i)$	Коефіцієнт чутливості, $c_i$	Внесок відносної похибки, $u_i(H)$
$u_{LRS}$	0,40 мм	0,5мкм	Нормальний	$1,0 \times 10^{-4}$	1	$1,0 \times 10^{-4}$
$u_{ms}$	0 мм	0,1 мкм	Прямокутний	$0,7 \times 10^{-4}$	1	$0,7 \times 10^{-4}$
$u_{LНТМ}$	0		Нормальний	$6,7 \times 10^{-4}$	1	$6,7 \times 10^{-4}$
Відносна загальна похибка вимірювання $u_L$ , % (віднос. $L_{RS} = 0,4$ мм)						0,07
Відносна розширена похибка вимірювання $U_L$ ( $k = 2$ ), %						0,14

Таблиця В.6 — Розрахунок максимального відносного відхилу вимірювальної системи, охоплюючи похибку стандартного приладу вимірювання довжини

Вимірювана довжина, $L_{RS}$ ,	Відносний відхил вимірювальної системи, $\Delta L_{rel}$ , %	Розширена відносна похибка вимірювання, $U_L$ , %	Максимальний відносний відхил вимірювальної системи, охоплюючи похибку вимірювання стандартного приладу вимірювання довжини, $\Delta L_{max}$ , %
0,40 мм	0,10	0,14	0,24

де 
$$\Delta L_{max} = |\Delta L_{rel}| + U_L \quad (B.8)$$

З наведеного прикладу видно, що відхил вимірювальної системи, охоплюючи похибку стандартного приладу вимірювання довжини, відповідає значенню величини, визначеної в 4.4 і яка дорівнює  $\pm 0,5 \%$ .

### В.1.3 Повірка індентора

Індентор, охоплюючи вершину піраміди індентора й утримувач індентора, не можна повірити і (або) калібрувати на місці його використання. Має бути чинне свідоцтво про калібрування, видане акредитованою лабораторією калібрування, яке підтвержує геометричний відхил індентора, зазначений у 4.3.

### В.1.4 Перевіряння вимірювального циклу

У 4.5 зазначено, що допустимий відхил кожної частини вимірювального циклу становить  $\pm 0,5$  с. Під час вимірювання часу секундоміром похибка вимірювання може дорівнювати 0,1 с. У цьому разі оцінювати похибку вимірювання не треба.

## В.2 Непряма повірка приладу вимірювання твердості

Для непрямої повірки з використанням стандартних зразків твердості проводять загальне перевіряння роботи приладу для вимірювання твердості й відтворюваності результатів, а також визначають відхил отриманих результатів вимірювання твердості від дійсного значення твердості.

Похибку вимірювання у разі непрямої повірки приладу для вимірювання твердості визначають за формулою:

$$u_{HTM} = \sqrt{u_{CRM}^2 + u_{CRM-D}^2 + u_H^2 + u_{ms}^2}, \quad (B.9)$$

де  $u_{CRM}$  — похибка калібрування стандартного зразка твердості відповідно до свідоцтва про калібрування при  $k = 1$ ;

$u_{CRM-D}$  — змінювання твердості стандартного зразка твердості від моменту останнього калібрування, залежно від впливу часу (можна знехтувати, використовуючи стандартний зразок твердості відповідно до стандарту);

$u_H$  — стандартна похибка приладу для вимірювання твердості під час вимірювання CRM;

$u_{ms}$  — стандартна похибка, яка залежить від роздільної спроможності приладу для вимірювання твердості.

### Приклад

Стандартний зразок твердості  $H_{CRM} = (400,0 \pm 5,0) \text{ HV } 30$

Похибка вимірювання стандартного зразка твердості  $u_{CRM} = \pm 5,0 \text{ HV } 30$

Роздільна здатність приладу для вимірювання твердості  $\delta_{ms} = 0,1 \text{ мкм}$

таблиця В.7 — результати непрямої повірки

Номер	Виміряна діагональ відбитка, $d$ , мм	Розраховане значення твердості, $H$ , HV <sup>a</sup>
1	0,371 6 <sub>мін</sub>	402,9 <sub>макс</sub>
2	0,372 4	401,1
3	0,372 8 <sub>макс</sub>	400,3 <sub>мін</sub>
4	0,371 9	402,2
5	0,372 2	401,5
Середнє значення, $\bar{H}$	0,372 2	401,6
Стандартний відхил, $S_H$		0,99

<sup>a</sup> HV: твердість за Віккерсом.

$$\bar{b} = \bar{H} - H_{CRM} \quad (B.10)$$

$$\bar{b} = 401,6 - 400,0 = 1,6 \text{ HV}$$

$$u_H = \frac{t \cdot S_H}{\sqrt{n}} \quad (B.11)$$

якщо  $t = 1,15$ ;  $n = 5$ ;  $S_H = 0,99 \text{ HV}$ , то  $u_H = 0,51 \text{ HV}$

### В.3 Баланс похибки вимірювання

Таблиця В.8 — Баланс похибки вимірювання

Величина, $X_i$	Розраховане значення, $x_i$	Стандартна похибка вимірювання, $u(x_i)$	Тип розподілення	Коефіцієнт чутливості, $c_i$	Внесок похибки, $u_i(H)$
$u_{CRM}$	400 HV <sup>b</sup>	2,50 HV	Нормальн.	1,0	2,50 HV
$u_H$	0 HV	0,51 HV	Нормальн.	1,0	0,51 HV
$u_{ms}$	0 HV	0,000 03 мм	Прямокут.	2145,1 <sup>a</sup>	0,06 HV
$u_{CRM-D}$	0 HV	0 HV	Трикут.	1,0	0 HV
Загальна похибка вимірювання $u_{НТМ}$					2,55 HV
Розширена похибка вимірювання $U_{НТМ}$ ( $k = 2$ )					5,1 HV

<sup>a</sup>  $c = \partial H / \partial d = 2(H/d)$  для  $H = 400 \text{ HV30}$  і  $d = 0,3729 \text{ мм}$   
<sup>b</sup> HV: твердість за Віккерсом.

Таблиця В.9 — Максимальний відхил показів приладу для вимірювання твердості, охоплюючи похибку вимірювання

Твердість, виміряна приладом, $H$ , HV	Розширена похибка вимірювання, $U_{НТМ}$ , HV	Відхил показів приладу під час калібрування стандартним зразком, $ \bar{b} $ , HV	Максимальний відхил значень на приладі, охоплюючи похибку вимірювання, $\Delta H_{НТМ\text{макс}}$ , HV
401,6 HV30	5,1	1,6	6,7

HV: твердість за Віккерсом.

де 
$$\bar{b} = \bar{H} - H_{CRM} \quad (B.12)$$

$$\Delta H_{НТМ\text{макс}} = U_{НТМ} + |\bar{b}| = 5,1 + 1,6 = 6,7 \text{ HV} \quad (B.13)$$

З наведеного вище прикладу видно, що допустимий граничний відхил вимірювання приладу, охоплюючи похибку вимірювання приладу, відповідає вимогам розділу 5 і дорівнює  $\pm 2\%$  ( $\Delta H_{НТМ\text{макс}}/H = 1,7\%$ ).

## БІБЛІОГРАФІЯ

- 1 SAWLA, A. Uncertainty of measurement in the verification and calibration of the force measuring systems of testing machines, Proceedings of the Asia-Pacific symposium on measurement of force, mass and torque (APMF), Tsukuba, Japan, November 2000
- 2 WEHRSTEDT, A. and PATKOVSKY, I. News in the field of standardization about verification and calibration of materials testing machines, May 2001, EMPA Academy 2001
- 3 GABAUER, W. Manual 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
- 4 POLZIN, T. and SCHWENK D. Method for Uncertainty Determination of Hardness Testing; PC File for Determination, Materialprufung 44 (2002) 3, pp. 64—71.

### НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

- 1 SAWLA. A. Похибка вимірювання під час повірки і калібрування систем вимірювання зусилля у приладах для вимірювання твердості. Proceedings of the Asia-Pacific symposium on measurement of force, mass and torque (APMF), Tsukuba, Japan, November 2000
- 2 WEHRSTEDT. A. і PATKOVSKY. I. Нове в сфері стандартизації повірки (вивіряння) і калібрування машин для випробовування матеріалів, травень 2001 р., EMPA Academy 2001
- 3 GABAUER. W. Норми і правила визначання похибки під час механічних випробовувань металевих матеріалів. Оцінювання похибки під час вимірювання твердості. Project No. SMT4-CT97-2165, UNCERT COP 14:2000
- 4 POLZIN. T. і SCHWENK D. Метод визначання похибки вимірювання твердості. PC File for Determination, Materialprufung 44 (2002) 3, pp. 64—71.

Код УКНД 77.040.10

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

Редактор В. Кириленко  
Технічний редактор О. Касіч  
Коректор О. Рождественська  
Верстальник Т. Шишкіна

Підписано до друку 19.11.2010. Формат 60 × 84 1/8.  
Ум. друк. арк. 1,86. Обл.-вид. арк. 0,98. Зам. **2532** Ціна договірна.

Виконавець  
Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр  
проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»)  
вул. Святошинська, 2, м. Київ, 03115

Свідоцтво про внесення видавця видавничої продукції до Державного реєстру  
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції від 14.01.2006 серія ДК № 1647