

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи № 2
«Вивчення приладів та техніки випробувань матеріалів на
твердість за методом Роквелла»
з дисципліни «Історія технологій та основи наукової
діяльності» для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка»
усіх форм навчання

Методичні вказівки до лабораторної роботи № 2 «Вивчення приладів та техніки випробувань матеріалів на твердість за методом Роквелла» з дисципліни «Історія технологій та основи наукової діяльності» для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укл.: О.Є. Капустян. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2026. – 16 с.

Укладачі: О.Є. Капустян, канд. техн. наук, доцент

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

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ІТЗ та МК
Протокол № 5 від 26.11.2025

Рекомендовано
до видання НМК ІФФ
Протокол № 4 від 17.12.2025

ЗМІСТ

1 Мета роботи.....	4
2 Загальні відомості.....	5
2.1 Випробування на твердість по Роквеллу.....	5
2.2 Прилад 2140 ТР.....	7
2.2.1 Склад і принцип роботи.....	7
2.2.2 Порядок роботи на приладі.....	10
3 Контрольні запитання.....	11
4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання.....	12
5 Порядок проведення лабораторної роботи.....	13
6 Зміст звіту.....	14
7 Вказівки з техніки безпеки.....	15
Перелік джерел посилання	16

1 МЕТА РОБОТИ

Ознайомитись з приладом 2140 ТР та методикою визначення твердості за його допомогою.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Випробування на твердість по Роквеллу

Визначення твердості по Роквеллу має широке застосування, так як дає можливість випробування м'яких, твердих і дуже твердих, а також тонких зразків матеріалів.

Випробування за даним методом швидко виконуються, не потребують ніяких вимірів і число твердості читається прямо на відповідній шкалі.

Випробування на твердість по методу Роквела виконується вдавлюванням у випробуваний зразок алмазного конуса з кутом при вершині 120° , або сталевій загартованій кулі діаметром 1,588 мм (1/16 дюйма).

Індентор впроваджується в поверхню зразків під дією двох зусиль: попереднього P_0 (в усіх випадках $P_0 = 98,1$ Н) та основного P_1 (рис. 2.1). Загальне навантаження:

$$P = P_0 + P_1 \quad (2.1)$$

де P_0 – попереднє навантаження, Н;

P_1 – основне навантаження, Н.

Твердість по Роквеллу виражається як різниця глибин проникнення індентора після попереднього (P_0) та основного (P_1) навантаження.

$$HRC(HRA) = 100 - e, \quad (2.2)$$

$$HRB = 130 - e \quad (2.3)$$

$$e = (h_1 - h_0)/0,002, \quad (2.4)$$

де h_1 - глибина проникнення під дією основного зусилля, мм;

h_0 - глибина проникнення під дією попереднього зусилля, мм.

Остання літера в аббревіатурі твердості визначає умови випробування:

HRA - індентор - алмазний конус, $P_0 = 98 \text{ Н}$, $P_1 = 490 \text{ Н}$, $P = 588 \text{ Н}$;

HRB - індентор - сталева куля, $P_0 = 98 \text{ Н}$, $P_1 = 883 \text{ Н}$, $P = 981 \text{ Н}$;

HRC - індентор - алмазний конус, $P_0 = 98 \text{ Н}$, $P_1 = 1373 \text{ Н}$, $P = 1471 \text{ Н}$.

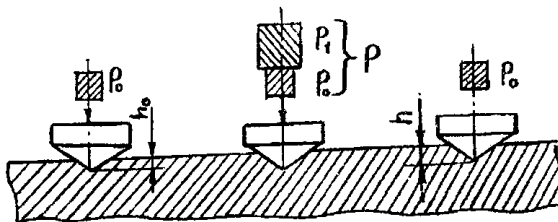


Рисунок 2.1 - Схема визначення твердості вдавлюванням

Дані про мінімальну товщину зразків для визначення твердості по Роквеллу приведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 — Мінімальна товщина зразків для визначення твердості по Роквеллу

Число твердості, HR	Шкала			Число твердості, HR	Шкала		
	A	B	C		A	B	C
	Мінімальна товщина, мм				Мінімальна товщина, мм		
20	-	-	1,5	67	-	1,2	0,7
25	-	2,0	1,4	70	0,7	1,2	-
30	-	1,9	1,3	80	0,5	1,0	-
40	-	1,7	1,2	90	0,4	0,8	-
50	-	1,5	1,0	100	-	0,7	-
60	-	1,3	0,8				

2.2 Прилад 2140 ТР

2.2.1 Склад і принцип роботи

Всі основні вузли приладу змонтовані у чавунному литому корпусі 52 замкнутого типу (рис. 2.2).

Система навантаження призначена для відтворення попереднього і загального навантажень на випробувальний наконечник, а також для візуального відліку показів по твердості.

Система навантаження включає в себе шпindelну групу, вимірювальну та важільну системи. Шпindelна група складається із наконечника 8, обмежувача 10, шпинделя 11, призми 12 і втулок 14.

У вимірювальну систему входять: механізм установлювання нуля 48, індикатор 15, серга 16, палець 17, важіль 18, гвинт 20 і планка 19.

Важільна система включає в себе важіль 22, призму 21, тягар 25, болт 27, важіль 26.

Шпindelна група, вимірювальна та важільна системи змонтовані в обоймі 13 являють собою закінчений блок-вузол.

Вантажна підвіска призначена для утворення основних навантажень шляхом націплювання набору тарованих вантажів на болт 27 важеля 22.

Вантажна підвіска складається з подушки 29, серги 28, гайки 32, штока 33, тяги 44, вантажів 37,41,42, втулки 34, кронштейна 38 та ручки 50. Навантаження перемикають вручну, змінюючи положення ручки 50, жорстко з'єднаної з кронштейном 38.

В залежності від положення ручки під час опускання штока 33 відбувається знімання або тільки одного вантажу 37, або вантажів 37 та 41. При цьому вантажі за рахунок штифтів 39 сідають на кронштейн 38. Навантаження 1471 Н утворюють вагою трьох вантажів 37, 41, 42. Перемикають згідно з таблицею 49, яка розташована над ручкою 50.

Привід 45 служить для прикладання та знімання основного навантаження з заданою швидкістю та складається з важеля 46, штока 36, втулки 40, рукоятки 51.

Регулювання швидкості відбувається за допомогою втулки 40.

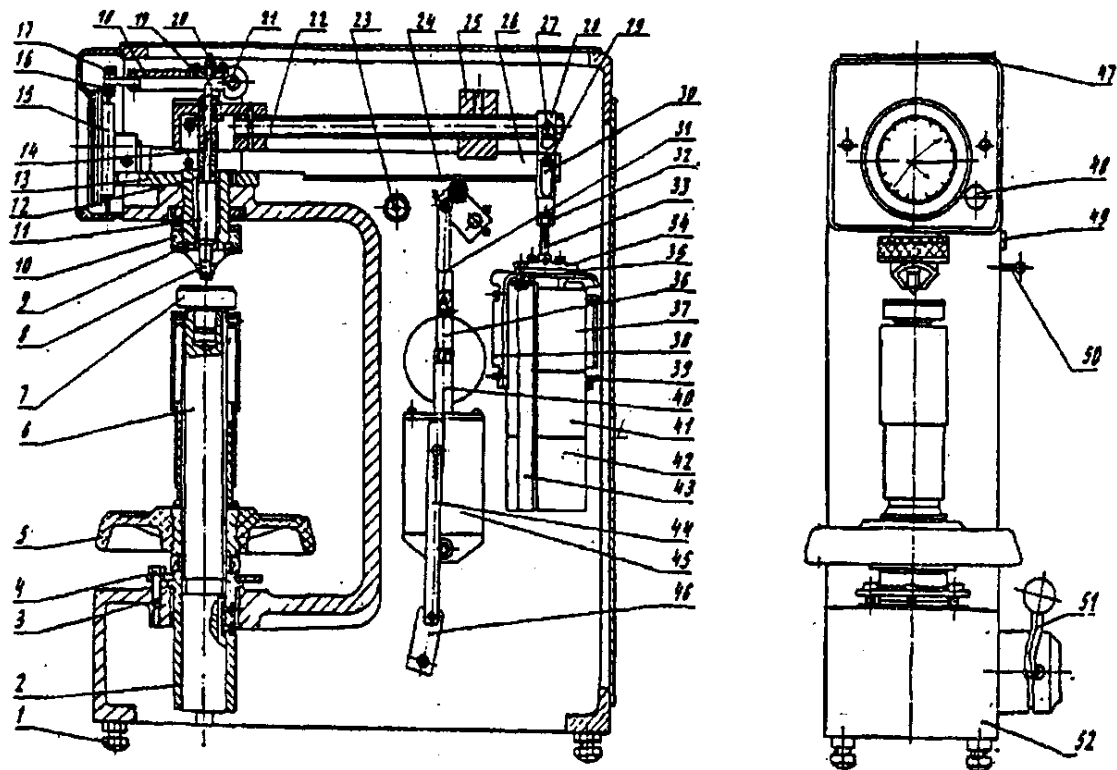


Рисунок 2.2 - Загальний вид приладу 2140 TP

Підйомний гвинт служить для підведення деталі, що випробовується до наконечника, відведення її після закінчення випробування та прикладення попереднього навантаження.

Підйомний гвинт складається з втулки 2, болтів 3, кільця 4, маховика 5, гвинта 6 та змінних столів 7.

Стіл підіймають, обертаючи маховик 5, при цьому гвинт 6 отримує поступальний рух угору або вниз, в залежності від напрямку обертання маховика.

За допомогою опор 1 прилад встановлюють за рівнем, який розміщують на столі 7.

Розпочинають роботу наступним чином: обертаючи маховик 5 за годинниковою стрілкою, стіл 7 з випробуєним виробом піднімають до обмежувача 10.

При цьому виріб спочатку стикається з наконечником 8 та через шпindel 11 підіймає важелі 18 та 22. Вага важелів 18 та 22, вага шпindelної групи та зусилля від індентора утворюють попереднє навантаження, яке дорівнює 98,07 Н.

За час прикладення попереднього навантаження велика стрілка індикатора повинна зробити від 2,5 до 3 обертів. По закінченню прикладання попереднього навантаження велика стрілка індикатора встановлюється на нуль (вертикально уверх), а мала - на чорний штрих. Припускається зміщення індикатора на ± 5 поділок.

Точне установлення великої стрілки на нуль, здійснюється поворотом ручки механізму встановлення нуля 48.

Загальні випробувальні навантаження 588,4; 980,7; 1471 Н; складається з попередніх 98,07 Н та основних навантажень 490, 883, 1370 Н, створюють тарувальними вантажами 37, 41, 42 Н.

При переміщенні рукоятки 51 приводу 45 з нижнього положення в верхнє, кронштейн 24 звільняє важіль 26 від опори, і він під дією ваги вантажів, діючих на нього через шток 33, кронштейн 24, тягу 44 та штангу 31 опускається. Відбувається начіплювання вантажів основних навантажень на болт 27, важіль 22.

Основне навантаження через важіль 22 з передаточним відношенням 1:20 передається на шпindel 11 з наконечником. Наконечник під дією загального (сума попереднього та основного) навантаження впроваджується в випробувальний виріб.

Переміщенням рукоятки 51 в нижнє положення до упору знімають основне навантаження з ричага 22 і відлічують твердість за

шкалою індикатора.

Обертаючи маховик 5 проти годинникової стрілки, стіл 7 з випробуєним виробом відводять від наконечника. На цьому цикл випробування вважається завершеним. Змінюють випробувальні навантаження шляхом переміщення ручки 50 тільки після завершення циклу випробування, коли важільна система буде перебувати в своєму початковому верхньому положенні, за яким рукоятка 51 спущена вниз.

Швидкість прикладення навантаження регулюють змінюючи прохідний переріз отвору втулки 40.

2.2.2 Порядок роботи на приладі

Для отримання значень твердості на приладі потрібно:

- влаштувати на столі випробуваний зразок і за допомогою маховика 5 підтиснути його до наконечника до тих пір, поки велика стрілка індикатора не стане на нуль чорної шкали, а мала - на чорний штрих (рис. 2.1);
- прикласти за допомогою рукоятки 51 випробувальне навантаження, перемістивши її в верхнє положення. На зміщення впровадження вказує сповільнений рух великої стрілки при випробуванні твердих матеріалів;
- зняти основне навантаження поверненням рукоятки 51 в вихідне нижнє положення;
- відрахувати твердість по шкалі індикатора;
- відвести випробуваний зразок від наконечника і зняти зразок зі столу.

Для кожного зразка треба провести не менше чотирьох випробувань. Перше випробування до уваги не приймається.

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Як визначається твердість матеріалів за методом Роквелла?
2. Який склад має система навантаження в приладі 2140 ТР?
3. Які навантаження використовуються для визначення твердості по шкалам А, В і С?
4. Індентори, що використовуються при замірах твердості і їх коротка характеристика.
5. Яке мінімальне число випробувань потрібно зробити для визначення твердості?
6. Як визначається похибка приладу?

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

- 4.1 Прилад 2140 для визначення твердості по методу Роквелла.
- 4.2 Набір різних по твердості зразків.
- 4.3 Набір інденторів.

5 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

5.1 Вивчити будову і принцип дії приладу 2140 ТР.

5.2 Згідно з рекомендаціями [1, 2] і на приладі 2140 ТР визначити твердість запропонованих зразків.

5.3 Скласти звіт про роботу.

6 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Мета роботи.
2. Порядок і послідовність випробування на твердість на приладі ТШП-4.
3. Навести получені результати.
4. Сформулювати висновки.

Викласти мету роботи та порядок проведення випробувань на приладі 2140 ТР, навести схему отримання твердості матеріалів за методом Роквелла. Описати результати випробувань, зробити висновки.

7 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. Забороняється працювати на приладі 2140 ТР особам, які не знайомі з його будовою і роботою.
2. В процесі проведення випробувань виключити можливість падіння зразків зі столу приладу.
3. При випробуваннях виробів, коли їхня форма не дозволяє правильне встановлення їх на столі приладу, потрібне виготовлення спеціальних столів, залежно до конфігурації кожного виробу.
4. Прилад повинен оберігатися від ударів.

Перелік джерел посилання

1. ДСТУ ISO 6508-1:2013 Металеві матеріали. Визначення твердості за Роквеллом. Частина 1. Метод випробування (шкали А, В, С, D, E, F, G, H, K, N, T) (ISO 6508-1:2005, IDT).
2. ДСТУ EN ISO 2039-2:2019 Пластмаси. Визначення твердості. Частина 2. Твердість за Роквеллом (EN ISO 2039-2:1999, IDT; ISO 2039-2:1987, IDT).