

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи № 1
«Вивчення приладів та техніки випробувань матеріалів
на твердість за методом Брінелля»
з дисципліни «Історія технологій та основи наукової діяльності»
для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка»
усіх форм навчання

Методичні вказівки до лабораторної роботи № 1 «Вивчення приладів та техніки випробувань матеріалів на твердість за методом Брінелля» 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. – 15 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 Брінелю	5
2.2 Прилад ТШП-4 для вимірювання твердості за методом Брінелля.....	6
2.2.1 Технічні дані ТШП-4.....	6
2.2.2 Устрій ТШП-4.....	7
2.2.3 Вибір діаметра кулі і навантаження.....	7
3 Контрольні запитання.....	10
4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання.....	11
5 Порядок проведення лабораторної роботи.....	12
6 Зміст звіту.....	13
7 Вказівки з техніки безпеки.....	14
Перелік джерел посилання	15

1 МЕТА РОБОТИ

Опанувати техніку та технологію вимірювання твердості металів за методом Брінелля.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Випробування на твердість по Брінелю

Випробування на твердість по Брінеллю (рис. 2.1) виконується вдавлюванням у випробуваний зразок сталеної кулі певного діаметру під дією постійного зусилля на протязі фіксованого часу.

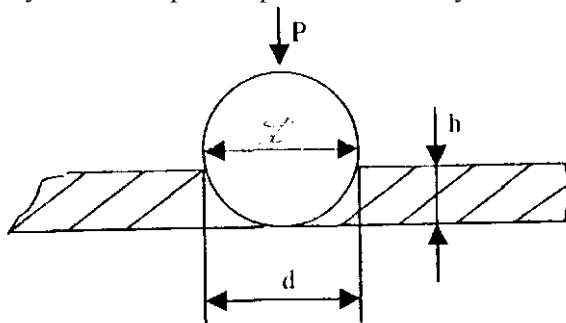


Рисунок 2.1 - Схема випробування на твердість за методом Брінелля

В результаті вдавлювання кулі на поверхні зразку утворюється відбиток (ямка). Відношення навантаження P (МН) до поверхні отриманого відбитку (кульового сегмента) F (м^2) число твердості (МПа), яке має позначення HB, обчислюють за формулою:

$$HB = \frac{P}{F} \quad (2.1)$$

де P – навантаження, що діє на кульку (індентор), Н;

F – площа поверхні кульового сегмента відбитку, м^2 .

Поверхня F кульового сегменту:

$$F = \pi D h \quad (2.2)$$

де D – діаметр вдавлюваної кулі, що вдавлюється, м;

h – глибина відбитку, м.

Так як глибину відбитку вимірювати важко, а значно простіше зробити замір діаметра відбитку d , то доцільно величину h визначити через діаметр кулі D і відбитку d :

$$h = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2} \quad (2.3)$$

де d – діаметр відбитку (ямки) на поверхні зразка, мм.

В загальному виді число твердості по Брінеллю може бути подане формулою:

$$HB = \frac{2P}{Dh(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (2.4)$$

де P – навантаження на індентор, Н;

D – діаметр кульки, мм;

d – діаметр відбитку, мм.

Вірогідність значень твердості в першу чергу залежить від правильності підготовки зразків (виробів).

Шорсткість поверхні, на якій визначається твердість, залежить від розмірів індентора та зовнішнього зусилля, в зв'язку з чим вона підлягає шліфуванню.

Зовнішнє зусилля та товщина зразків повинні бути такими, щоб виключити вигинання на опорній поверхні та їх продавлювання.

Опорна та робоча поверхня зразків повинні бути паралельними.

2.2 Прилад ТШП-4 для вимірювання твердості за методом Брінелля

2.2.1 Технічні дані ТШП-4

Діапазон вимірювань твердості HB, МПа від 80 до 4500

Випробувальні навантаження, кгс 250, 750, 1000, 3000

Діаметр сталюї кулі, мм 10,5

Вільний хід шпинделя з наконечником, мм	12±1,5
Зусилля на рукоятці, при навантаженні 3000 кгс ≤	5,5 кгс
Маса приладу, кг	19,15

2.2.2 Устрій ТШП-4

Прилад складається з наступних основних частин:

- вимірювальної головки;
- струбцини.

Вимірювальна головка (рис. 2.1) призначена для прикладення випробувальних навантажень. Вона складається із з'єднаних між собою корпусів 1 і 2, між якими розміщена пластина 3, сприймаюча на себе випробувальне навантаження, черв'ячного колеса 4, втулки 5, навантажуючого гвинта 6, втулки 7, опірних підшипників 8 і рукоятки 9, закріпленої на черв'яку; навантажуючий гвинт з'єднаний з пружною скобою 10, в нижній частині якої встановлюється випробувальний наконечник 11. Усередині скоби змонтований передаточний механізм 12 і індикатор 13. У верхній корпус 2 укручена кришка з ручкою 14.

Струбцина (рис. 2.2) призначена для закріплення головки 8 і виконання операцій вимірювання твердості. Вона складається із скоби 1, під'ємного гвинта 2 з рукояткою 3, змінних столів 4 і загартованого упору 5. До струбцини закріплюється тримач 6 за допомогою гвинтів і гайок 7.

2.2.3 Вибір діаметра кулі і навантаження

Кулі різних діаметрів ($D = 10; 5$ мм) із загартованої сталі застосовуються в залежності від товщини випробуваного матеріалу.

Навантаження P вибирають в залежності від якості випробуваного матеріалу користуючись формулою

$$P = kD^2 \quad (2.5)$$

де k – постійна для даного матеріалу величина, що дорівнює 30; 10; 2,5.

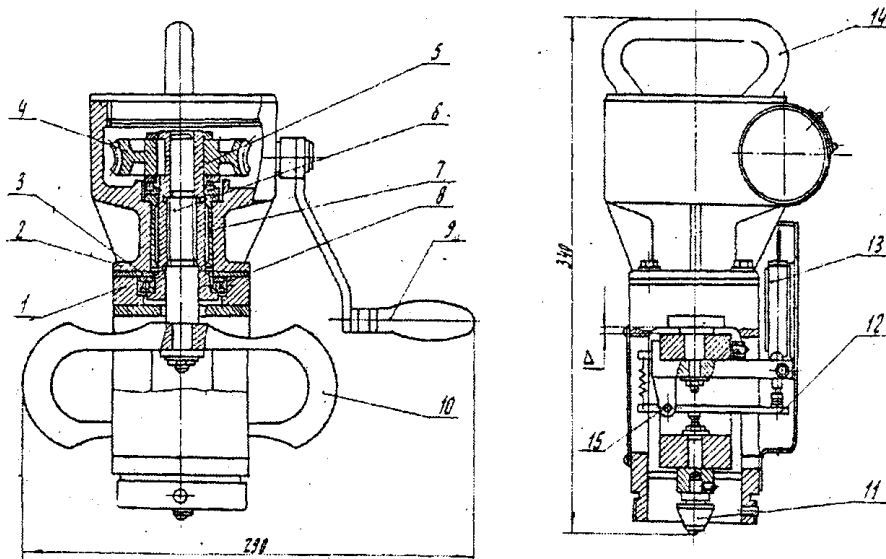


Рисунок 2.1 - Випробувальна головка

В табл. 2.1 приведені дані щодо вибору діаметра кулі і навантаження в залежності від твердості і товщини зразка.

Таблиця 2.1 - Рекомендації щодо умов випробування твердості по Брінеллю

Матеріал	Інтервал твердості, МПа	Товщина зразка, мм	Співвідношення між Р та D	Діаметр D, мм	Навантаження Р, кН (кг)	Витримка під навантаженням, с
Чорні метали	1400-4500	від 6 до 3 від 4 до 2	$P = 30D^2$	10 5	29,4 (3000) 7,35 (750)	10
	до 1400	більше 6 від 6 до 3	$P = 10D^2$	10 5	9,81 (1000) 2,45 (250)	30
Кольорові метали (сплави)	≥ 1300	від 6 до 3 від 3 до 2	$P = 30D^2$	10 5	29,4 (3000) 7,35 (750)	30
	350 -1300	від 9 до 4 від 6 до 3	$P = 10D^2$	10 5	9,81 (1000) 2,45 (250)	30
	80 - 350	вище 6 від 6 до 3	$P = 2.5D^2$	10 5	2,45 (250) 0,61 (62,5)	60

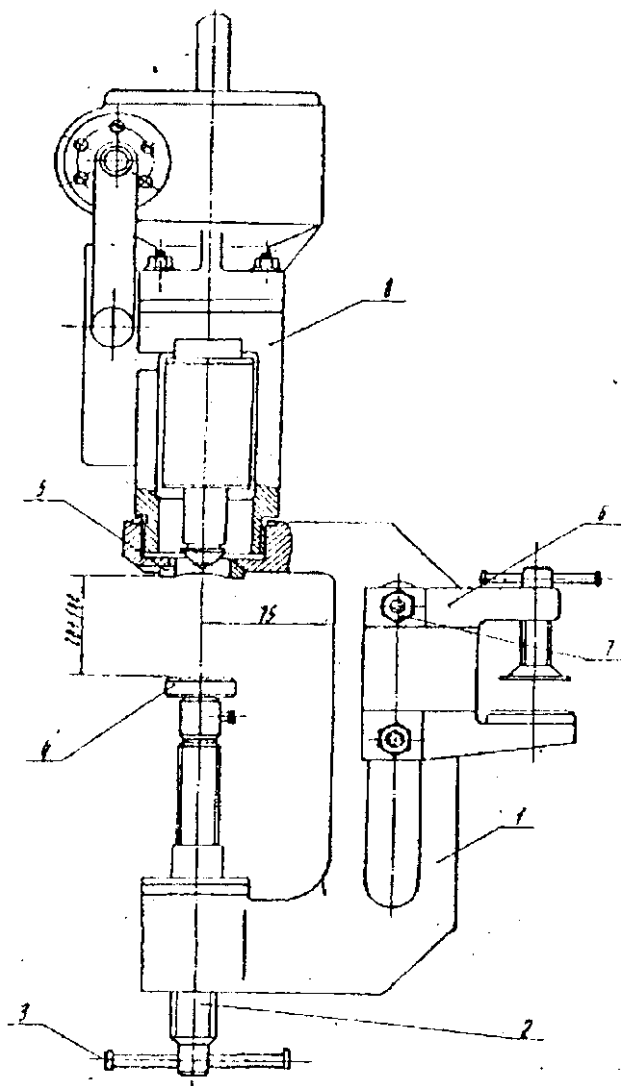


Рисунок 2.2 - Струбцина в зборі з випробувальною головою

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Методика проведення випробування та визначення твердості по Брінеллю.
2. Склад вимірювальної головки ТШП-4.
3. Фактори, що впливають на зусилля, діаметра індикатора при проведенні випробувань на приладах типу ТШП.
4. Методика вимірювання діаметрів відбитків на мікроскопі МПБ – 2.
5. Твердість яких матеріалів може бути отримана за допомогою випробувань за методом Брінелля?

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

- 4.1 Прилад ТПП-4 для визначення твердості по Брінеллю.
- 4.2 Набір зразків різних за твердістю.
- 4.3 Шліфувальна шкурка.
- 4.4 Мікроскоп МПБ-2.

5 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

5.1 Зачистити шліфувальною шкуркою випробувальні місця зразків до класу чистоти не нижче 5.

5.2 Установити наконечник з кулею 5 або 10 мм.

5.3 На столик помістити випробувальний зразок.

5.4 Плавнo обертаючи рукоятку, підвести наконечник до зразку і навантажити до необхідного значення. Показ індикатора повинен відповідати значенню, яке вказане в паспорті приладу.

5.5 Після витримки під навантаженням воно знімається обертанням рукоятки в зворотному напрямку (показ індикатора повинен відповідати 1,0), додатково треба зробити 5 обертів рукоятки в сторону розвантаження.

5.6 За допомогою вимірювального мікроскопу МПБ-2 треба зробити виміри діаметра відбитка в 2 - х взаємноперпендикулярних напрямках, для знаходження середнього арифметичного.

Для цього потрібно мікроскоп нижньою опорною частиною щільно установити над відбитком і повернути виріз в нижній його частині до світла. Повертаючи окуляр необхідно домогтися, щоб краї відбитка були різко обкреслені. Далі пересуваючи мікроскоп, один край відбитка треба сумістити з початком шкали і починати її поділ з яким співпадає протилежний край відбитка. Даний відлік і буде відповідати діаметру відбитка.

Для отримання правильної характеристики твердості даного матеріалу необхідно провести ще два повторних випробування на твердість того ж самою зразка.

5.7 Користуючись таблицею (ДСТУ EN ISO 6506-1:2019) визначити твердість зразків.

Для порівняння вилічити також твердість одного із зразків за формулою 1.1.

5.8 Скласти звіт про роботу.

6 ЗМІСТ ЗВІТУ

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

7 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. Забороняється працювати на приладі ТШП-4 особам, які не знайомі з його будовою і роботою.
2. Перед проведенням випробувань треба перевірити надійність кріплення приладу до столу.
3. При прикладенні та знятті випробувальних навантажень прилад потрібно підтримувати за ручку випробувальної головки.
4. Прилад повинен оберігатися від ударів.

Перелік джерел посилання

- 1 ДСТУ EN ISO 6506-1:2019 Матеріали металеві. Випробування на твердість по Брінеллю. Частина 1. Метод випробування (EN ISO 6506-1:2014, IDT; ISO 6506-1:2014, IDT).