

# **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2**

**Тема: ВИПРОБУВАННЯ  
МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ НА  
ТВЕРДІСТЬ ЗА МЕТОДОМ  
БРІНЕЛЯ**

**Мета роботи** – ознайомитися з будовою й принципом дії твердоміра Брінеля типу ТБ 5004; навчитися обирати режими випробувань; виконувати дослідження на твердість за Брінелем зразків сталей та кольорових металів.

**Обладнання, матеріали та інструмент** – автоматичний важільний прилад ТБ 5004; зразки для виконання дослідів; шліфувальний папір; штангенциркуль; мікроскопи МПБ-2.

**Зміст роботи** – вивчити теоретичні відомості. Ознайомитися з будовою та принципом дії твердоміра Брінеля. Виконати випробування на твердість. Навчитися вимірювати твердість за Брінелем. Оформити протокол досліджень, намалювати необхідні рисунки.

# Короткі теоретичні відомості

**Твердість** – це властивість матеріалу опиратися місцевому пластичному деформуванню при контактній дії на нього більш твердого тіла (стандартного індентора), який не деформується при втискуванні.

**Метод Брінеля** зводиться до статичного вдавлювання у поверхню вимірюваного матеріалу під навантаженням  $P_B$  (кГс) загартованої сталевий кульки певного діаметру  $D$ , мм. За величиною відбитка кульки  $d$ , мм (глибина  $h$ ) визначають число твердості, користуючись формулою:  **$HB = P/F$** , де  **$F$**  – площа поверхні відбитка кульки, мм<sup>2</sup>.

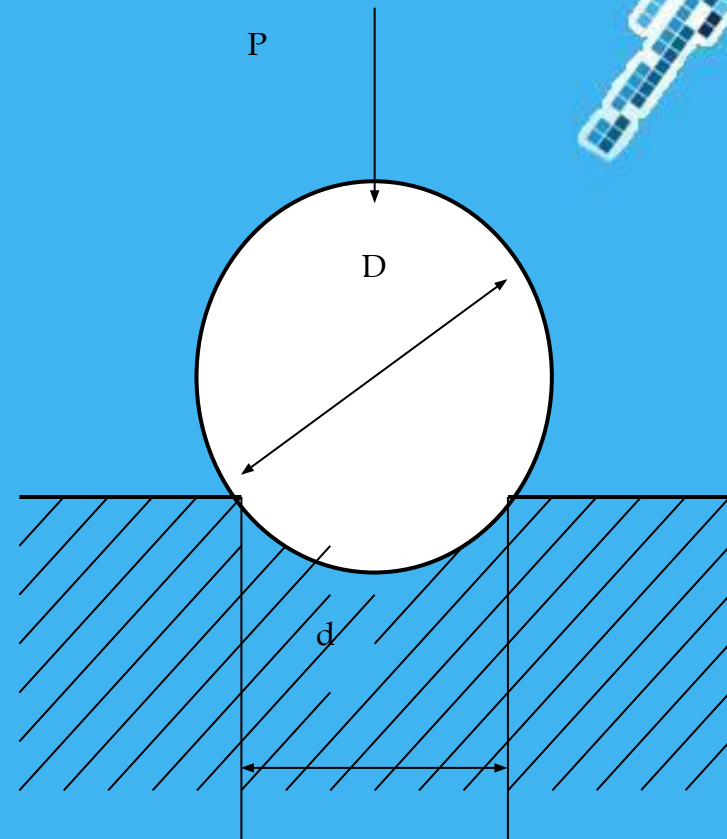
Позначивши площу сферичного відбитка через діаметр кульки

$$F = \frac{\pi * D}{2(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

одержимо формулу, за якою можна визначити твердість:

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

Твердість за Брінелем (НВ) визначається у кгс/мм<sup>2</sup> або в МПа. Навантаження, його тривалість та діаметр кульки обирають відповідно до таблиці. Діаметр кульки залежить від товщини виробу. Для випробувань використовують сталені загартовані кульки діаметром 2,5, 5 та 10 мм. Для невеличких виробів враховуються також розміри поверхні і відстань від центру відбитка до краю виробу повинна складати не менше  $2,5d$ , а між центрами сусідніх відбитків – не менше  $4d$  (якщо  $B < 350$ , то ці відстані складають відповідно  $3d$  та  $6d$ ).



*Рис. 2.1* Схема випробувань на твердість за Брінелем

Навантаження обирають залежно від діаметра кульки та вимірюваної твердості, яку оцінюють приблизно з урахуванням природи матеріалу та способу його обробки.


**Таблиця 2.1**  
**Залежність діаметра кульки й навантаження від твердості й товщини зразка**

Матеріал	Твердість HV, МПа, кгс/мм <sup>2</sup>	Товщина зразка, мм	Діаметр кульки, мм	Навантажен- ня, кгс, кН	Співвідно- шення між навантажен- ням й діаметром кульки D	Витримка під навантажен- ням, сек.
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Чорні метали	1400...4500 (140...150)	Більше 6 Від 6 до 3 Менше 3	10 5 2,5	3000 (30,0) 750 (7,5) 187,5(1,87)	$P = 30D^2$	10
Те ж саме	Менше 1400 (140)	Більше 6 6-3 Менше 3	10 5 2,5	1000 (10) 250 (2,5) 62,5 (0,62)	$P = 10D^2$	10
Кольорові метали й сплави (мідь і сплави, магнієві сплави тощо).	Більше 1300 (130)	Від 6 до 3 Від 4 до 2 Менше 2	10 5 2,5	3000 (30) 750 (7,5) 187,5 (1,87)	$P = 30D^2$	30
Те ж саме	350..1300	Більше 6 6-3 Менше 3	10 5 2,5	1000 (10) 250 (2,50) 62,5 (0,625)	$P = 10D^2$	30
Те ж саме	80 – 350 8 – 35	Більше 6 Від 6 до 3 Менше 3	10 5 2,5	250 (2,5) 62,5 (0,625) 15,6 (0,156)	$P = 2,5D^2$	60

Таблиця 2.2

Метал, сплав	Твердість за Брінелем НВ, Мпа
Алюміній	170...270
Алюмінієві сплави	300...1500
Мідь	350 ...1800
Мідні сплави	400...3500
Чавун	1100 ...2700
Вуглецеві сталі	800... 5300

До переваг цього методу відносять його надійність та конструктивну простоту використаних приладів. Крім того, на основі твердості за Брінелем можна приблизно визначити межу міцності при розтягуванні:  $\sigma = k \cdot HB$ , де  $k$  – перевідний безрозмірний коефіцієнт, який залежить від матеріалу (для сталі, наприклад, він дорівнює 0,34...0,36).



**Недоліки:** цей метод не дозволяє випробувати матеріали з твердістю понад 4500 Мпа (може деформуватися загартована кулька) або товщиною менше 1 мм. Необхідно ретельно шліфувати поверхню зразка, регулювати час витримки під навантаженням, вести пошук за результатами випробувань у таблицях тощо.

# Техніка безпеки

- Перед початком роботи перевірити заземлення.
- Забороняється регулювання й настроювання приладу під час роботи.
- Вантажі на підвісці розташовувати пазами під  $90^\circ$  відносно один одного.
- Забороняється самотійно працювати на приладі без спеціального інструктажу та дозволу викладача.

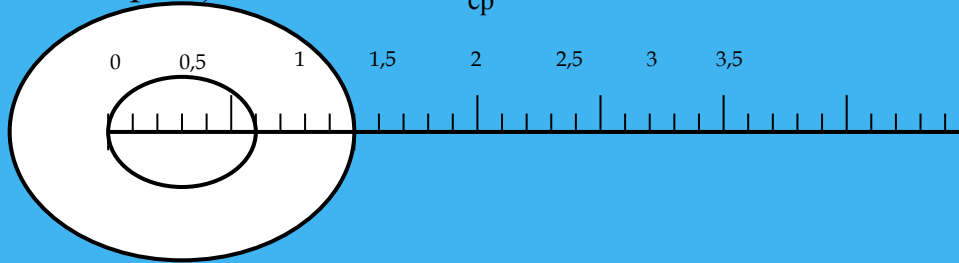


# Порядок виконання роботи:

1. Ознайомитися з будовою та принципом дії твердоміра Брінеля.
2. Підготувати зразок до випробувань: бруд, окалину, фарбу та інше видалити дрібним шліфувальним папером.
3. Знаючи марку сталі або сплаву зразків, визначити передбачену твердість (табл. 2.2.).
4. Виміряти товщину зразка.
5. Керуючись таблицею 2.1 підібрати режим випробування: навантаження  $P$ , діаметр кульки  $d$ , час витримки під навантаженням  $t$ .
6. Установити на підвіску вантаж відповідно до обраного навантаження. Закріпити в оправці кульку потрібного діаметра. Установити необхідну витримку.
7. Покласти деталь (зразок) на предметний столик. Обертаючи маховик, підвести зразок до контакту з кулькою (до клацання). Тим самим буде прикладене попереднє навантаження силою 1 кН, що необхідно для забезпечення однакових зусиль навантаження зразків.
8. Увімкнути прилад. У момент прикладання повного навантаження засвітиться сигнальна лампочка. На початку розвантажування вона погасне. Дещо пізніше зупиниться електродвигун.
9. Обертаючи маховик проти годинникової стрілки, звільнити зразок й зняти його зі столика.

# Порядок виконання роботи:

10. Виміряти мікроскопом МПБ-2 діаметр відбитка кульки у двох напрямках (під кутом 90 град.) і визначити  $d_{\text{ср}}$ .



*Рис. 2.2 Схема відліку за шкалою мікроскопа*

11. В [3, додаток 1] знайти число твердості за Брінелем, заповнити протокол випробувань

**Таблиця 2.3**

№	Матеріал зразка	Товщина зразка, мм	Діаметр кульки, мм	Навантаження, кН	Витримка під навантаженням, сек.	Середній діаметр відбитка після випробування, мм.	Твердість за Брінелем після випробування, МПа.
						Першого, $d_{ф1}$	Першого, НВ <sub>1</sub>
						Другого, $d_{ф2}$	Другого, НВ <sub>2</sub>
						Третього, $d_{ф3}$	Третього, НВ <sub>3</sub>
						Середнє за трьома вимірами, НВ <sub>ф</sub>	

# **Звіт про виконану роботу повинен містити:**

1. Формулу визначення твердості за Брінелем із необхідними поясненнями;
2. Протокол випробувань (табл. 2.3), рис. 2.3.;
3. Висновки;
4. Письмові відповіді на контрольні питання.

# Контрольні питання:

1. Що називається твердістю матеріалу?
2. На основі яких даних обираються режими випробування твердості за Брінелем?
3. Що означає НВ?
4. Назвіть переваги та недоліки вимірювання твердості за Брінелем.
5. Як за отриманим відбитком кульки визначити твердість зразка?
6. Укажіть межі, в яких визначається твердість за Брінелем.
7. Від чого залежить твердість матеріалу?