

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторної роботи № 2
«Визначення твердості металів і сплавів»
з навчальної дисципліни «Системи технологій»
для здобувачів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

2024

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 2 «Визначення твердості металів і сплавів» з навчальної дисципліни «Системи технологій» для здобувачів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Укл.: В.Г. Міщенко, Е.А. Бажміна – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 20 с.

Укладачі: В.Г. Міщенко, професор, д-р техн. наук
Е.А. Бажміна, доцентка, докторка філософії

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

Гаранти ОПП: О.Є. Капустян, доцент кафедри «ІТЗ та МК»,
канд. техн. наук
М.Ю. Осіпов, доцент кафедри «ІТЗ та МК»,
канд. техн. наук

Відповідальний
за випуск: Е.А. Бажміна, доцентка, докторка філософії

Затверджено
на засіданні кафедри
«Інтегровані технології зварювання
та моделювання конструкцій»
Протокол № 7
від «3» квітня 2024 р.

Рекомендовано до видання
НМК ІФ факультету
Протокол № 9
від «14» травня 2024 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 МЕТА РОБОТИ	5
2 МАТЕРІАЛИ Й УСТАТКУВАННЯ	5
3 ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ	5
4 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ	5
5 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ	14
6 ЗМІСТ ЗВІТУ	15
7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ.....	16
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	17
Додаток А Таблиця визначення твердості за Брінеллем	18
Додаток Б Таблиця відповідності значень твердості	20

ВСТУП

XXI століття – століття глобалізації, інформатизації та глибоких змін. За допомогою прискореного розвитку в новому столітті освіти, науки, техніки та новітніх технологій сучасні компанії перетворюються на власників потужного інтелектуального капіталу, відкривають нові виняткові можливості та створюють довгострокові цінності.

Твердість металів і сплавів має суттєве практичне значення, оскільки відображує більшість властивостей матеріалу, наприклад, опір стиранню, різальні властивості, здатність до шліфування або різання, витримка місцевих пошкоджень. Крім того, за твердістю можна визначити й інші механічні властивості (наприклад, міцність на розрив). Між твердістю та іншими властивостями матеріалів є певний зв'язок, що підтверджується практикою.

Широке використання випробування матеріалів на твердість пояснюється тим, що для цього не потрібне виготовлення спеціальних зразків, методика випробування дуже проста і може здійснюватися безпосередньо на готовій деталі без значних руйнувань поверхні.

Згідно з програмою навчальної дисципліни «Системи технологій» основною метою її викладання є формування та засвоєння студентами економічних основ технологічного розвитку, визначення та засвоєння чинників, що впливають на собівартість та якість продукції в порівнянні сучасних технологій України, Японії, США, Німеччини та інших розвинених країн світу, а також рівня розвитку технологій як пріоритетного напрямку забезпечення соціальних потреб населення та підвищення його життєвого рівня. Важливо знати принципи економічної доцільності вироблення певного продукту або досконалості й ефективності технологічного процесу та вміти їх визначити в грошовому еквіваленті.

Методичні вказівки призначені для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» спеціальності 131 «Прикладна механіка».

1 МЕТА РОБОТИ

1. Опанувати вимірювання твердості металевих зразків різними методами.
2. Засвоїти застосування того або іншого методу визначення твердості; облаштування приладами для вимірювання твердості.
3. Визначити залежність твердості металів від хімічного складу та термічного оброблення сплаву.

2 МАТЕРІАЛИ Й УСТАТКУВАННЯ

Прилади для вимірювання твердості за методом Брінелля, Роквелла, Вікерса, мікротвердомір. Зразки різних залізобуглецевих сплавів (сталей і чавунів); зразки з міді, алюмінію і сплавів на їхній основі; зразки із загартованої та відпущеної сталі. Наждакові круги й абразивний папір.

3 ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити теоретичний матеріал за темою заняття.
2. Ознайомитися з приладами й методами визначення твердості за Брінеллем, Роквеллом, Вікерсом та мікротвердості.
3. Виміряти твердість запропонованих зразків металів і сплавів на приладах Брінелля і Роквелла. Значення записати в табл. 4.1 і 4.2 відповідно.
4. Визначити значення границі міцності за даними вимірювання твердості за Брінеллем.
5. Результати вимірювання записати в таблиці.

4 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

При проектуванні та виробництві машин, механізмів, інструментів їхні деталі повинні мати певні механічні властивості. Механічні властивості металів характеризують опір матеріалу деформації та руйнуванню під дією зовнішніх навантажень. Практично всі методи визначення механічних властивостей є такими, що руйнують об'єкт визначення. Для проведення випробування потрібні

спеціальні машини, оскільки процеси випробування досить тривалі.

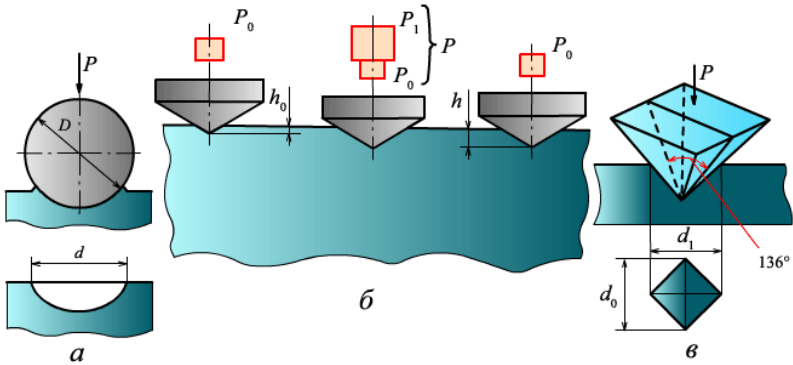
Механічні та фізичні властивості залежать від багатьох чинників: від хімічного складу матеріалу, виду оброблення (пластичної деформації, термічного оброблення). Тому в процесі виготовлення тих або інших деталей необхідно контролювати властивості, особливо механічні. Як зазначено раніше, звичайні методи випробування механічних властивостей не можуть бути використані на проміжних стадіях виготовлення деталей унаслідок тривалості й дорожнечі виготовлення зразків, тривалості самого процесу випробування. У цьому випадку використовують методи визначення твердості.

Твердість має суттєве практичне значення, оскільки відображує більшість властивостей матеріалу, наприклад, опір стиранню, різальні властивості, здатність до шліфування або різання, витримка місцевих пошкоджень. Крім того, за твердістю можна визначити й інші механічні властивості (наприклад, міцність на розрив). Між твердістю та іншими властивостями матеріалів є певний зв'язок, що підтверджується практикою.

Широке використання випробування матеріалів на твердість пояснюється тим, що для цього не потрібне виготовлення спеціальних зразків, методика випробування дуже проста і може здійснюватися безпосередньо на готовій деталі без значних руйнувань поверхні.

Методи визначення твердості здебільшого використовують принцип вдавлювання в поверхневий шар випробовуваного матеріалу твердих тіл (загартованої кульки, алмазного конуса або алмазної піраміди) і подальшого вимірювання розмірів поверхні відбитка за Роквеллом та проєкції відбитка за Вікерсом. Тому часто твердість визначають, як здатність матеріалу чинити опір вдавлюванню в нього індентора. Проте таке визначення не є загальним, оскільки є і інші методи визначення твердості, основані не на вдавлюванні, а на дряпанні (склерометрія), гойданні маятника, динамічному методі та інших.

Найчастіше практикують випробування твердості за методами Брінелля, Роквелла, Вікерса й метод визначення мікротвердості (рис. 4.1 і 4.2). У перерахованих методах при вдавлюванні індентора відбувається пластична деформація випробовуваного матеріалу під індентором. Чим більше опір матеріалу пластичній деформації, тим на меншу глибину проникає індентор і тим вище твердість.



а – твёрдость за Брінеллем; б – твёрдость за Роквеллом; в – твёрдость за Вікерсом
Рисунок 4.1 – Схема визначення твёрдості

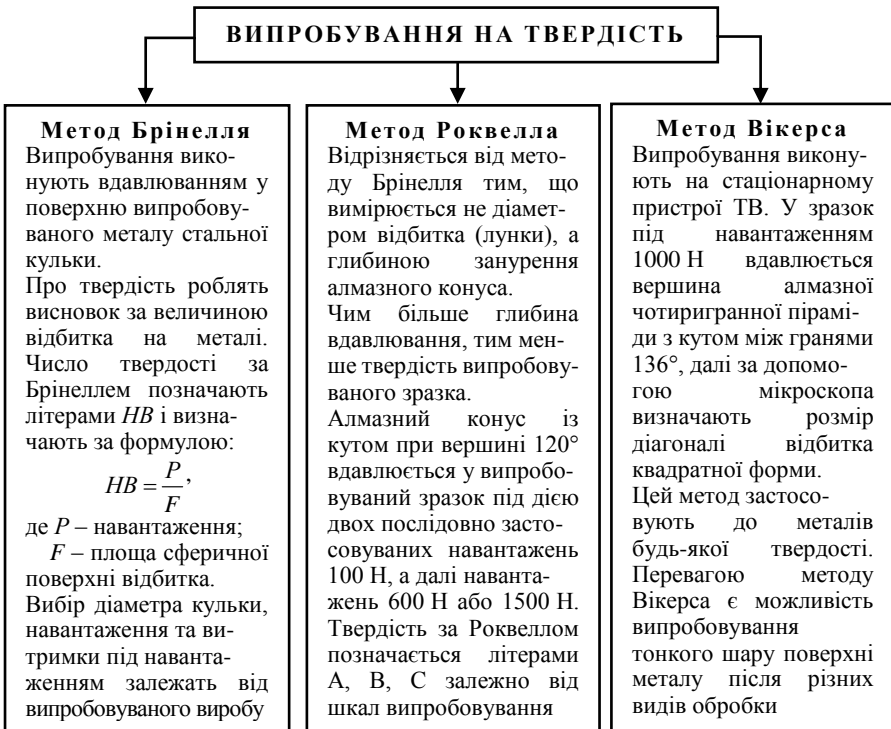


Рисунок 4.2 – Характеристика випробування на твёрдость

За Брінеллем визначають твердість щодо м'яких матеріалів: кольорових металів і їхні сплави, сталі після відпалу, чавунів (окрім білого).

За Роквеллом найчастіше визначають твердість дуже твердих матеріалів: загартованих сталей, твердих сплавів, кераміки, твердих покриттів, у тому числі наплавлених шарів достатньої глибини на сталях і чавунах. Але методом Роквелла можна визначати твердість і порівняно м'яких матеріалів.

Метод Вікерса використовують для випробування твердості деталей малої товщини або тонких поверхневих шарів, що мають високу твердість. Цей метод також застосовують для вимірювання твердості твердих і м'яких матеріалів.

Методом мікротвердості зазвичай вимірюють твердість у межах окремих зерен або дуже тонких шарів. Два останні методи найчастіше використовують у дослідницьких роботах.

Твердість за методом Брінелля. Визначення твердості за Брінеллем полягає у вдавленні сталеві кульки (індентора) з твердого сплаву діаметром D у випробовуваний матеріал зусиллям P (рис. 4.3). На поверхні утворюється сферичний відбиток (лунка).

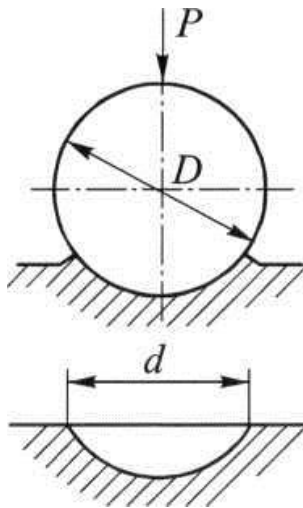


Рисунок 4.3 – Переріз площі відбитка індентора

Твердість за Брінеллем (HB) визначають відношенням навантаження P до площі поверхні відбитка F :

$$HB = \frac{P}{F}. \quad (4.1)$$

Якщо вирахувати поверхню відбитка, що має форму кульового сегменту, то HB визначають за формулою:

$$HB = \frac{2P}{\pi D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \quad (4.2)$$

де P – прикладене навантаження, Н;

D – діаметр кульки, м;

d – діаметр відбитка, м.

Розмір кульки вибирають залежно від товщини випробовуваного зразка: зазвичай користуються кульками стандартних розмірів діаметрами в 10 мм, 5 мм, 2,5 мм, 2,0 мм або 1,0 мм. Навантаження на кульку вибирають залежно від роду матеріалу й має бути пропорційним квадрату діаметра кульки в мм. Умовні стандартні норми, прийняті для різних матеріалів такі:

для сталі та чавуну	$P = 30 D^2$
для міді та мідних сплавів	$P = 10 D^2$
для бабітів і свинцевих бронз	$P = 2,5 D^2$.

Більш детальні відомості вибору навантаження та витримки прикладеного навантаження для різних матеріалів знаходять у стандартній таблиці в лабораторії випробування твердості. Навантаження вважається вибраним правильно, якщо витримується співвідношення:

$$0,2 D < d < 0,6 D \quad (4.3)$$

Діаметр відбитка вимірюють за допомогою мікроскопу або лупи Брінелля у двох взаємно перпендикулярних напрямках і визначають як середнє арифметичне з двох вимірювань. Лупа має шкалу, ціна поділки якої дорівнює 0,05 мм. На рис. 4.4 показано вимірювання діаметра відбитка за допомогою лупи.

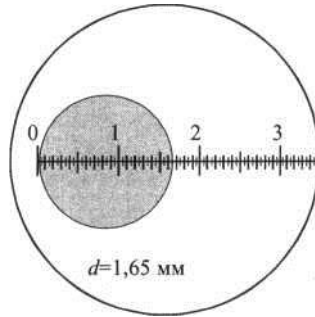


Рисунок 4.4 – Вимірювання діаметра відбитка

За результатами вимірювання діаметра відбитка на цьому матеріалі твердість за Брінеллем визначають за формулою (4.2). Щоб не вдаватися до тривалих і трудомістких розрахунків, на практиці для визначення твердості використовують стандартні таблиці (Додаток А).

Як зазначалося раніше, між механічними властивостями (зокрема, границею міцності σ_b і твердістю за Брінеллем) є певна залежність, яка може бути представлена емпіричною формулою:

$$\sigma_b = C \cdot HB \cdot 10 \text{ [МПа]}, \quad (4.4)$$

де C – коефіцієнт пропорційності

для сталей	$C = 0,33 \dots 0,36$
для алюмінію	$C = 0,4$
для міді	$C = 0,48$
для дуралюміна	$C = 0,37$
для латуні, бронзи	$C = 0,53$

Треба зазначити, що для крихких матеріалів (чавун, силумін) надійної кореляції між твердістю і границею міцності отримати не вдається. Зокрема, для визначення границі міцності сірого чавуну використовують емпіричну формулу:

$$\sigma_s = \frac{10 \cdot (HB - 40)}{6} \text{ [МПа]}. \quad (4.5)$$

Твердість за методом Роквелла. Сутність визначення твердості за Роквеллом полягає у вдавлюванні в досліджуваний матеріал алмазного конуса з кутом при вершині 120° (шкали А і С) або сталеві кульки діаметром 1,5875 мм (шкала В) і подальшим вимірюванням глибини втискування h (рис. 4.5 і 4.6).

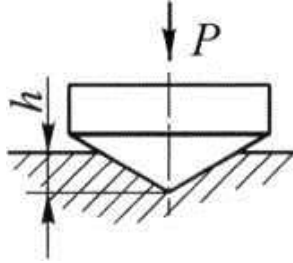


Рисунок 4.5 – Переріз глибини вдавлювання алмазного конуса

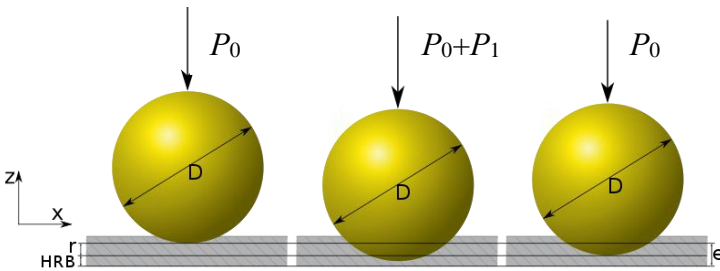


Рисунок 4.6 – Зображення глибини вдавлювання сталеві кульки

Твердість за Роквеллом визначають абстрактною величиною, залежною від глибини вдавлювання h , і може бути встановлена за формулою, але в цьому немає потреби, оскільки твердість визначають за показниками приладу.

Метод Роквелла дає змогу проводити випробування деталей після поверхневого зміцнення та об'ємного загартування і практично не псує поверхні виробу. Шкала С служить для випробування твердих матеріалів, що мають твердість за Брінеллем від 2300 МПа до 7000 МПа. Алмазний конус вдавлюють під навантаженням 1500 Н. Інтервал визначення твердості за шкалою С – від 22 до 68 одиниць, твердість позначається HRC.

Шкалу А використовують при випробуванні дуже твердих матеріалів або тонких поверхневих шарів (0,5... 1,0 мм). Застосовують той же алмазний конус, але вдавлюють під навантаженням у 600 Н. Значення твердості визначають за шкалою С, але позначають HRA. Інтервал вимірювання твердості за цією шкалою від 70 до 85 одиниць.

Шкала В призначена для випробування м'яких матеріалів, що мають твердість за Брінеллем від 600 до 2300 МПа. Сталеву кульку діаметром 1,5875 мм вдавлюють під навантаженням в 1000 Н. Твердість вимірюють у межах від 25 до 100 одиниць шкали В і позначається HRB.

Твердість за Вікерсом. Метод полягає у вдавлюванні алмазного наконечника, що має форму правильної чотиригранної піраміди з кутом при вершині 136° , у зразок під дією навантаження P та вимірювання діагоналі відбитка d , що залишився після зняття навантаження (рис. 4.7).

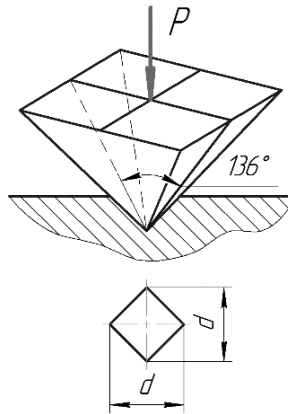


Рисунок 4.7 – Схема визначення твердості за Вікерсом

Навантаження P може змінюватися від 9,8 Н (1 кгс) до 980 Н (100 кгс). Твердість за Вікерсом вираховують за формулою, якщо P виражена в Н:

$$HV = 0.189 \frac{P}{d_{cp}^2} \text{ [МПа]}, \quad (4.6)$$

і якщо P виражена в кгс:

$$HV = 1.854 \frac{P}{d_{cp}^2} \text{ [кгс/мм}^2\text{]}. \quad (4.7)$$

Як правило, цей метод використовують для визначення твердості тонких поверхневих шарів і деталей малої товщини, що мають високу твердість. Поверхня зразків для визначення твердості пірамідкою мусить бути ретельно відшліфована шкуркою з дрібним зерном або відполірована. При вимірюванні твердості треба забезпечити перпендикулярність діючого зусилля до випробуваної поверхні. Товщина зразка має бути не менше ніж 1,5 діагоналі відбитка. Чим тонше матеріал, тим меншим має бути навантаження. Число твердості за Вікерсом HV визначають за спеціальними таблицями за виміряною величиною d (діагоналі відбитка в міліметрах).

Мікротвердість. Визначення мікротвердості (твердості в мікроскопічно малих об'ємах) потрібне для тонких покриттів, окремих структурних складових сплавів (рис. 4.8).

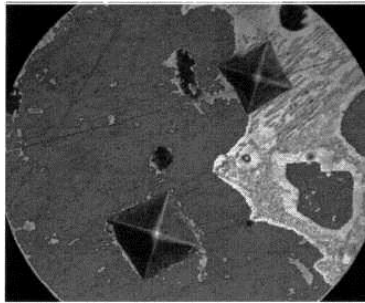


Рисунок 4.8 – Проекції відбитків індентора різних фаз

Прилад для визначення мікротвердості складається з механізму для втискування алмазної піраміди (індентора) з невеликим навантаженням і металографічного мікроскопу. У випробовувану поверхню вдвлюють алмазну піраміду під навантаженням 0,05...5,00 Н. Твердість Н визначають за формулою (4.6), що і твердість за Вікерсом, якщо P виражена в Н.

5 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Перш ніж розпочати вимірювання твердості зразка, необхідно вибрати методику визначення твердості (Брінелль, Роквелл). Для цього необхідно знати, в якому стані знаходиться досліджуваний зразок або деталь (після відпалу чи в загартованому стані). Якщо немає даних, то для орієнтування можна спробувати визначити твердість звичайним напилком. Якщо напилком ковзає по поверхні або лише трохи дряпає металеву поверхню, то зразок має високу твердість, і тоді треба застосовувати метод визначення твердості за Роквеллом.

Якщо ж зразок добре ріжеться напилком (легко знімається частина металу), то він має порівняно низьку твердість, і тоді треба застосовувати метод визначення твердості за Брінеллем.

Після вибору методу випробування необхідно підготувати зразок для випробування. При використанні методу Брінелля зразок готують так, щоб його поверхні (випробовувана й опорна) були паралельні й не мали окалини, іржі й інших нерівностей, що впливають на результат випробування. Це досягається, за необхідності, обробленням різанням, зачисткою або обробленням вказаних поверхонь наждачним папером, наждачним кругом або напилком без розігрівання. Мінімальна товщина зразка має бути не менше 10-ти кратної глибини відбитка.

При визначенні твердості за Роквеллом поверхні зразків (випробовувана й опорна) зачищаються на дрібній наждачній шкурці або на дрібнозернистому шліфувальному крузі. Зачистка не мусить супроводжуватися нагрівом зразка вище 150°C. Опорна поверхня зразка має забезпечувати щільне і стійке прилягання його до опорного столика.

При визначенні твердості за методом Вікерса та мікротвердості випробовувану поверхню зразків обов'язково шліфують і полірують (іноді для визначення мікротвердості окремих зерен шліф піддають плавленню). Опорну поверхню достатньо зачистити на наждачному папері. При будь-якому методі випробування зразок не мусить зрушуватися, гойдатися або деформуватися, на ньому не має бути грубих подряпин, слідів попередніх випробувань.

Усі результати випробування твердості за Брінеллем вносяться в загальну табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати випробування твердості за Брінеллем

№ п/п	Матеріал	Навантаження, кгс	Діаметр кульки D , мм	Діаметр відбитка d , мм	Твердість, HB	Границя міцності σ_s , МПа
1	2	3	4	5	6	7

При аналізі даних, наведених у табл. 4.1, необхідно звернути увагу на те, як відрізняється твердість чорних металів і сплавів (сталь і чавун) від кольорових (мідь, латунь, бронза, дуралюмін тощо), а також розглянути відмінність у твердості чистих металів і їхніх сплавів.

При знайомстві з методом визначення твердості за Роквеллом необхідно провести випробування твердості зразків. Користуючись таблицею відповідності (Додаток Б), потрібно зіставити значення твердості за Брінеллем загартованих зразків і зразків, не підданих гартуванню. Отримані дані вписати в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати випробування твердості за Роквеллом

№ п/п	Матеріал	Навантаження, Н	Твердість, HRC	Значення твердості HB за таблицею
1	2	3	4	5

Аналіз результатів випробування треба навести у висновках цієї роботи.

6 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Назва роботи та її мета.
2. Устаткування та матеріали, використані при виконанні роботи.
3. Короткий опис методів визначення твердості та сфери їх застосування.
4. Значення певного методу випробування для визначення властивостей металів і сплавів.
5. Таблиця експериментальних даних усієї підгрупи та висновки за цими даними.

7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке твердість?
2. Назвіть основні методи визначення твердості, зазначте переваги та недоліки кожного з них.
3. Як вимірюють твердість на твердомірах Брінелля, Роквелла та Вікерса?
4. Які індентори та навантаження застосовують при вимірюванні твердості різних металів за методами Брінелля, Роквелла та Вікерса?
5. Як впливає вміст вуглецю на твердість сталі в нормалізованому стані?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Афтандіянц Є Г., Зазимко О. В., Лопатько К. Г. Матеріалознавство : підручник. К. : Вища освіта, 2012. 548 с.

2. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. Лабораторний практикум : посібник для вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації / А.С. Опальчук, О.О. Котречко, Л.Л. Роговський, О.Є. Семеновський, І.Л. Роговський. К. : НУБіП України, 2015. 428 с.

3. Міщенко В. Г., Лоскутов С. В. Технології виробництва спеціальних сталей та їхні фізико-механічні властивості : монографія. Riga, Latvia : «Baltija Publishing», 2023. 168 с.

Додаток А
Таблиця визначення твердості за Брінеллем

Діаметр відбитка d_{10} , $2d_5$ або $4d_{2,5}$	Число твердості за Брінеллем при навантаженні P (кгс)			Діаметр відбитка d_{10} , $2d_5$ або $4d_{2,5}$	Число твердості за Брінеллем при навантаженні P (кгс)		
	$30 D^2$	$10 D^2$	$2,5 D^2$		$30 D^2$	$10 D^2$	$2,5 D^2$
2,00	955			4,00	229	76,3	19,1
2,05	910			4,05	223	74,3	18,6
2,10	868			4,10	217	72,4	18,1
2,15				4,20	207	68,8	17,2
2,20	764			4,25	201	67,1	16,8
2,25	735			4,30	197	65,5	16,4
2,30	707			4,35	192	63,8	16,0
2,35	682			4,40	187	62,4	15,6
2,40	659			4,45	183	60,9	15,2
2,45	616			4,50	179	59,5	14,9
2,50	597			4,55	174	58,1	14,5
2,55	579			4,60	170	56,8	14,2
2,60	562			4,65	167	55,5	13,9
2,65	531			4,70	163	54,3	13,6
2,70	516			4,75	159	53,0	13,3
2,75	489			4,80	156	51,9	13,0
2,80	477			4,85	152	50,7	12,7
2,85	455			4,90	149	49,6	12,4
2,90	444			4,95	146	48,6	12,2
2,95	429			5,00	143	47,5	11,9
3,00	415		34,6	5,05	140	46,5	11,6
3,05	401		33,4	5,10	137	45,5	11,4
3,10	388	129	32,3	5,15	134	44,6	11,2
3,15	375	125	31,3	5,20	131	43,7	10,9
3,20	363	121	30,3	5,25	128	42,8	10,7
3,25	352	117	29,3	5,30	126	41,9	10,5
3,30	341	114	28,4	5,35	123	41,0	10,3
3,35	331	110	27,6	5,40	121	40,2	10,1
3,40	321	107	26,7	5,45	118	39,4	9,86
3,45	311	104	25,9	5,50	116	38,6	9,66
3,50	302	101	25,2	5,55	114	37,9	9,46
3,55	293	97,7	24,5	5,60	111	37,1	9,27

3,60	285	95,0	23,7	5,65	109	36,4	9,10
3,65	277	92,3	23,1	5,70	107	35,7	8,93
3,70	269	89,7	22,4	5,75	105	35,0	8,76
3,75	262	87,2	21,8	5,80	103	34,3	8,59
3,80	255	84,9	21,2	5,85	101	33,7	8,43
3,85	248	82,6	20,7	5,90	99,2	33,1	8,26
3,90	241	80,4	20,1	5,95	97,3	32,4	8,11
3,95	235	78,3	19,6	6,00	95,5	31,8	7,96

Додаток Б
Таблиця відповідності значень твердості

<i>HV</i>	<i>HB</i>	<i>HRC</i>	<i>HRA</i>	<i>HV</i>	<i>HB</i>	<i>HRC</i>	<i>HRA</i>
240	228	20.3	60.7	510	475	49.8	75.7
245	233	21.3	61.2	520	483	50.5	76.1
250	237	22.2	61.6	530	492	51.1	76.4
255	242	23.1	62.0	540	500	51.7	76.1
260	247	24.0	62.4	550	509	52.3	77.0
265	252	24.8	62.7	560	517	53.0	77.4
270	256	25.6	63.1	570	526	53.6	77.8
275	261	26.4	63.5	580	535	54.1	78.0
280	266	27.1	63.8	590	543	54.7	78.4
285	271	27.8	64.2	600	552	55.2	78.6
290	275	28.5	64.5	610	560	55.7	78.9
295	280	29.2	64.8	620	569	56.3	79.2
300	285	29.8	65.2	630	577	56.8	79.5
310	294	31.0	65.8	640	586	57.3	79.8
320	304	32.2	66.4	650		57.8	80.0
330	313	33.3	67.0	660		58.3	80.3
340	323	34.4	67.6	670		58.8	80.6
350	332	35.5	68.1	680		59.2	80.8
360	342	36.6	68.7	690		59.7	81.1
370	351	37.7	69.2	700		60.1	81.3
380	361	38.8	69.8	720		61.0	81.8
390	370	39.8	70.3	740		61.8	82.2
400	380	40.8	70.8	760		62.5	82.6
410	390	41.8	71.4	780		63.3	83.0
420	399	42.7	71.8	800		64.0	83.4
430	408	43.6	72.3	820		64.7	83.8
440	418	44.5	72.8	840		65.3	84.1
450	423	45.3	73.3	860		65.9	84.4
460	432	46.1	73.6	880		66.4	84.7
470	442	46.9	74.1	900		67.0	85.0
480	450	47.7	74.5	920		67.5	85.3
490	456	48.4	74.9	940		68.0	85.6