

О.В. Сушко, С.В. Кюрчев

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО І ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

ПРАКТИКУМ

Мелітополь

ТОВ «Видавничий будинок ММД»

2010

УДК 669.018.291 (076.5)

ББК 030.3я73

С-91

Автори: к.т.н. Сушко О.В., к.т.н. Кюрчев С.В.

Рецензенти:

д-р техн. наук, проф. І.П. Волчок

(Запорізький національний технічний університет);

д-р техн. наук, проф. Е.К. Посвятенко

(Національний транспортний університет, м. Київ);

д-р техн. наук, проф. В.І. Дирда

(Дніпропетровський державний аграрний університет)

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

(гриф надано Міністерством освіти і науки України

(лист № 1/11-679 від 10.02.10 р.))

Сушко О.В., Кюрчев С.В.

С-91 Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2010. – 232 с.: іл.

ISBN 978-966-197-047-1

У посібнику наведено лабораторні роботи з основ виробництва чорних металів, ливарного виробництва, оброблення металів тиском, зварювання металів, полімерних матеріалів, матеріалознавства і оброблення матеріалів різанням.

Для підготовки бакалаврів в аграрних вищих навчальних закладах III-IV рівнів акредитації з напрямів «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва», «Енергетика та енергетичні системи в АПК», «Обладнання переробних і харчових виробництв».

УДК 669.018.291 (076.5)

ББК 030.3я73

ISBN 978-966-197-047-1

© Сушко О.В., 2010.

© Кюрчев С.В., 2010.

© ТОВ «Видавничий будинок ММД»,
оформлення, 2010.

ЗМІСТ

Передмова..... 5

Розділ 1. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО І ТЕРМІЧНЕ ОБРОБЛЕННЯ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ

Лабораторна робота 1. Випробування металів та сплавів на твердість 6

Лабораторна робота 2. Мікроскопічний та макроскопічний
аналіз матеріалів 13

Лабораторна робота 3. Термічний метод побудови діаграм стану сплавів 17

Лабораторна робота 4. Аналіз стану сплавів Pb-Sb та Cu-Ni 21

Лабораторна робота 5. Аналіз діаграми «Залізо-цементит» 26

Лабораторна робота 6. Структура вуглецевих сталей, класифікація
і маркування вуглецевих сталей 33

Лабораторна робота 7. Структури і маркування чавунів 38

Лабораторна робота 8. Гартування сталі 43

Лабораторна робота 9. Відпускання, відпалювання та нормалізація сталей 51

Лабораторна робота 10. Визначення прогартуваності сталі методом
торцевого гартування 55

Лабораторна робота 11. Поверхнєве гартування струмами високої
частоти 61

Лабораторна робота 12. Класифікація, маркування легированих сталей і
спеціальних сплавів 65

Лабораторна робота 13. Вивчення структур кольорових металів та
їх сплавів 69

Лабораторна робота 14. Сталі і сплави з особливими електричними
властивостями 75

Лабораторна робота 15. Провідникові, напівпровідникові матеріали та
їх властивості 80

Лабораторна робота 16. Діелектричні матеріали, їх властивості та
застосування 83

Розділ 2. НЕМЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ

Лабораторна робота № 17. Структура, склад і властивості пластмас 88

Лабораторна робота № 18. Переробка пластмас у вироби 93

Розділ 3. МЕТАЛУРГІЯ

Лабораторна робота № 19. Вихідні матеріали та продукти доменного
виробництва 101

Лабораторна робота № 20. Властивості металевих порошків. Виготовлення
виробів методом порошкової металургії 105

Розділ 4. ЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО

Лабораторна робота № 21. Будова вагранки і розрахунок шихти для плавлення чавуну в ній.....	109
Лабораторна робота № 22. Ручне формування. Лиття в піщані форми.....	114
Лабораторна робота № 23. Проектування моделі виливка	121

Розділ 5. ОБРОБЛЕННЯ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

Лабораторна робота № 24. Вплив ступеню деформації на механічні властивості і структуру сталі при пластичній деформації.....	129
Лабораторна робота № 25. Вплив температури рекристалізаційного відпалу на механічні властивості і структуру сталі.....	133
Лабораторна робота № 26. Вільне кування металів	136

Розділ 6. ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛІВ

Лабораторна робота № 27. Розрахунок режимів ручного електродугового зварювання	145
Лабораторна робота № 28. Розрахунок режимів газового зварювання	153

Розділ 7. ОБРОБЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ

Лабораторна робота 29. Вивчення конструкції та складання паспорта токарно-гвинторізного верстата. Аналіз і налагодження кінематичних ланцюгів токарно-гвинторізного верстата.....	163
Лабораторна робота 30. Вивчення конструкції та геометрії багатолезових різальних інструментів	169
Лабораторна робота 31. Вивчення геометричних параметрів токарного різця	176
Лабораторна робота 32. Робота з ділальною головкою і настроювання універсально-фрезерного верстата на нарізання зубчастого колеса з гвинторізним зубом	181
Лабораторна робота 33. Дослідження впливу елементів режиму різання на шорсткість обробленої поверхні при точінні	186
Лабораторна робота 34. Вивчення усадки стружки.....	192
Лабораторна робота 35. Дослідження впливу елементів режиму різання на силу різання при точінні.....	196
Лабораторна робота 36. Дослідження впливу елементів режиму різання на температуру різання	201
Лабораторні роботи 37. Особливості будови верстата з ЧПК моделі 16К20ФЗС32. Розробка керуючої програми.....	205
Лабораторна робота 38. Заточення й доводка різальних інструментів.....	210

ДОДАТКИ	223
---------------	-----

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	231
--	-----

Передмова

Лабораторні роботи підготовлено відповідно до навчальних програм курсу «Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство» для студентів технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. Роботи написані з урахуванням досвіду викладання курсу на кафедрі технології конструкційних матеріалів Таврійського державного агротехнологічного університету та включають роботи з основних розділів курсу: металургія; гаряче оброблення матеріалів (ливарне виробництво, оброблення металів тиском, зварювання металів); матеріалознавство та термічне оброблення металів; електротехнічні та неметалеві матеріали; оброблення матеріалів різанням.

У навчальному посібнику наведено 38 лабораторних робіт. До кожної роботи подано мету та програму роботи, теоретичні відомості, необхідні для її виконання, рекомендації щодо оформлення звіту, контрольні запитання. Для виконання практично кожної лабораторної роботи потрібна одна навчальна година.

Перед виконанням лабораторної роботи студент повинен вивчити теоретичний матеріал з цієї теми, ознайомитися зі змістом і методикою виконання, знати будову обладнання та пристроїв, які використовуються для проведення лабораторної роботи. Перед кожною лабораторною роботою студент повинен пройти відповідний інструктаж з техніки безпеки, якщо проведення лабораторної роботи пов'язано з безпосередньою роботою на обладнанні. Лабораторні роботи виконуються кожним студентом (підгрупою або бригадою студентів) самостійно за індивідуальним завданням, яке надається викладачем або майстром виробничого навчання. Отримані результати узагальнюють, у кінці кожної роботи студент повинен зробити висновки по роботі. Контроль знань рекомендується проводити опитуванням за допомогою ЕОМ або за спеціально розробленими до кожної роботи модульними завданнями (згідно положень Болонської системи).

Автори висловлюють глибоку подяку рецензентам докторам технічних наук, професорам І.П. Волчку, Е.К. Посвятенку, В.І. Дирді за цінні зауваження, врахування яких значно поліпшило якість навчального посібника.

Розділ 1. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТЕРМІЧНЕ ОБРОБЛЕННЯ МЕТАЛІВ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 ВИПРОБУВАННЯ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ НА ТВЕРДІСТЬ

1 МЕТА РОБОТИ

Вивчення методів визначення твердості, будови та роботи приладів для визначення твердості. Вивчення методики та практичне освоєння методів визначення твердості металів та сплавів на приладах Бринеля, Роквелла, Віккерса, Польді та ПМТ-3.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ

2.1 Вивчити методи визначення твердості, знати схеми та методику визначення твердості на приладах Бринеля (ТШ-2), Роквелла (ТК-2), Віккерса, Польді, ПМТ-3.

2.2 Вивчити будову та роботу приладів та мікроскопу МПБ-2.

2.3 Визначити навантаження, діаметр кульки, наконечник та час витримки.

2.4 Знайти твердість зразків відпаленої сталі марок 10, 20, 30, 45, У8, загартованої сталі У8, чавунного, мідного, латунного, алюмінієвого зразків. Результати твердості внести до протоколу випробувань.

2.5 Побудувати графік твердості відпаленої сталі в залежності від вмісту вуглецю.

2.6 Оформити звіт.

3 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Твердістю називається здатність матеріалу чинити опір зовнішній пластичній деформації, що виникає при вдавлюванні в нього більш твердого тіла – індентора.

Існує декілька методів визначення твердості металів та сплавів для в'язких матеріалів. Найбільш поширеним з них є метод вдавлювання більш твердого тіла. Цими методами працюють прилади Бринеля, Роквелла, Віккерса, Польді та ПМТ-3.

На приладі Бринеля в матеріал вдавлюється стальна кулька під навантаженням Р (рис. 1.1).

Внаслідок цього на поверхні метала виникає відбиток діаметром d. Твердість за Бринелем буде визначатися за формулою:

$$HB = \frac{0,102 \cdot P}{F}, \quad (1.1)$$

де Р – навантаження, Н;

F – площа поверхні відбитку, мм².

Площа поверхні відбитку буде:

$$F = \frac{\pi \cdot D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2}), \quad (1.2)$$

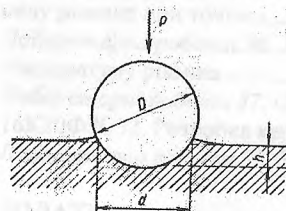


Рис. 1.1 - Схема вимірювання твердості за Бринелем

Таким чином, твердість за Бринелем може бути знайдена за формулою:

$$HB = \frac{0,102 \cdot 2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \quad \frac{H}{\text{мм}^2}. \quad (1.3)$$

Для того, щоб можна було порівнювати результати вимірювань твердостей, треба, щоб умови випробування були однакові (стандартні умови випробування). Ці умови встановлюються згідно з законом подібності та враховують застосування при випробуванні кількох необхідних розмірів кульок, навантаження та часу витримки кульки під навантаженням. Ці параметри регламентуються згідно з ГОСТ 9012-59 (таблиця 1.1). Площа поверхні відбитку вимірюється спеціальною лупою (ручним мікроскопом МПБ-2), який додається до прибору.

Таблиця 1.1 – Вибір діаметра сталеві кульки та навантаження, які залежать від твердості та товщини зразка, що випробують (ГОСТ 9012-59)

Матеріал	Твердість за Бринелем	Мінімальна товщина матеріалу, що випробується, мм	Співвідношення Р та D ²	Діаметр кульки D, мм	Навантаження, Р, Н	Витримання під навантаженням, с
Чорні метали і сплави	140 - 450	більше 6 від 6 до 3 менше 3	P = 30 · D ²	10,0 5,0 2,5	30000 7500 1875	10
	менше 140	більше 6 від 6 до 3 менше 3	P = 30 · D ²	10,0 5,0 2,5	10000 2500 625	10
Кольорові метали	більше 140	від 6 до 3 від 4 до 2 менше 2	P = 10 · D ²	10,0 5,0 2,5	30000 7500 625	30
	35 - 130	від 9 до 5 від 5 до 3 менше 3	P = 10 · D ²	10,0 5,0 2,5	10000 2500 625	30
	8 - 35	більше 6 від 6 до 3 менше 3	P = 2,5 · D ²	10,0 5,0 2,5	2500 625 156	60

Перед початком випробування з таблиці 1.1 вибирають необхідний розмір кульки, навантаження та час витримки. На підвісці пресу встановлюють вантажі 9 згідно з вибраним для випробування навантаженням (рис. 1.2).

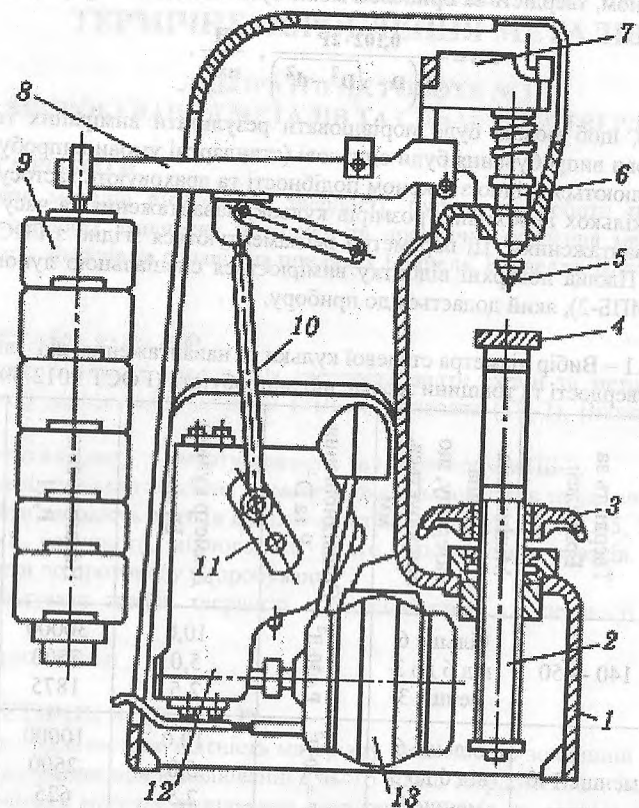


Рис. 1.2 – Кінематична схема твердоміра Бринеля (типу ТШ)

Наконечник з кулькою 5 встановлюють у шпindel пресу. На столику гвинта 2, розташованого в нижній частині станини приладу 1, розміщують зразок 4 так, щоб центр відбитка знаходився від краю зразка або від краю вже зробленого раніш відбитка на відстані не менш діаметра сталеві кульки (індентора). За допомогою маховика 3 підводять зразок до стикання з кулькою 5 до тих пір, доки пружина шпинделя 6 не стиснеться до кінця. Таким чином задається попереднє навантаження, рівне 1000 Н.

Після цього, натиснувши на кнопку твердоміра, включають прес. Електродвигун 13 через черв'ячні передачі редуктора 12, приводить в обертальний рух кривошип 11. Від кривошипа опускається шатун 10, який через систему важелів 7 і 8 та вантажів 9 створює повне навантаження на кульку. Після закінчення випробування прес автоматично повертає вантажі до вихідного (початкового) становища та вимикається. Обертання маховика в протилежному напрямку опускають донизу

стіл та знімають зразок. За допомогою ручного мікроскопу МПБ-2 заміряють діаметр відбитка. Згідно з таблицею, яка додається до приладу, або за формулою (1.3) знаходять твердість. Випробування має бути проведено 2-3 рази.

При випробуванні твердості за Роквеллом (ТК-2) в якості індентора використовують алмазний конус з кутом 120° при вершині або сталеву кульку діаметром $1/16$ дюйма (тобто 1,588 мм). Якщо визначається твердість відносно м'яких металів, тоді втискають сталеву кульку (шкала В), а твердих металів (загартована сталь) – алмазний конус (шкала С). Коли визначається твердість твердих сплавів, тоді також використовують алмазний індентор (шкала А). Вибір шкали та навантаження при випробуванні здійснюють за таблицею 1. 2.

Таблиця 1.2 - Вибір шкали та навантаження при випробуванні за Роквеллом (ТК-2)

Приблизна твердість за Бринелем, НВ	Індентор	Шкала	Навантаження, Н	Позначення	Межі вимірювання в одиницях твердості
60 - 230	кулька	В	1000	HRB	25-100
230 - 700	алмаз	С	1500	HRC	20-67
більше 700	алмаз	А	600	HRA	70-85

При визначенні твердості металів за Роквеллом вимірюється глибина відбитка (рис. 1.3) за допомогою важільного механізму та індикатора годинникового типу. Спочатку надається попереднє навантаження $P_0 = 100$ Н (для щільного притискання алмаза або кульки до металу, що випробується та вибирання зазорів у шарнірах), потім – основне навантаження (згідно таблиці 1.2).

Числа твердості за Роквеллом вимірюються в умовних одиницях вимірювання та обчислюються за формулами:

$$\text{Шкали "С" і "А"} - (\text{HRC, HRA}) = 100 - \frac{h - h_0}{0,002};$$

$$\text{Шкала "В"} - (\text{HRB}) = 130 - \frac{h - h_0}{0,002},$$

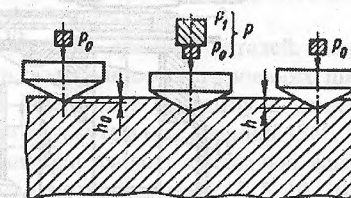


Рис. 1.3 – Схема вимірювання твердості за Роквеллом

де h – глибина проникнення індентора у зразок;

0,002 – глибина проникнення алмазного конуса або кульки, яка відповідає одній поділці шкали індикатора приладу.

Числа твердості за Роквеллом виражаються поділками шкали індикатора приладу та є величиною умовною, зворотно пропорційною глибині втискання індентора. Умови визначення твердості за методом Роквелла надаються в ГОСТ. На рисунку 1.4 приведено схему важільного приладу Роквелла (типу ТК).

У верхній частині станини твердоміра розміщено шпindel 1, в якому за допомогою гвинта 4 закріплюють оправку 5 з індентором. Постійний вантаж 16 (або 17, 18) створює вантаж на індентор, який вибирають у залежності від матеріалу

вимірюваного зразка. Стіл 7 призначений для розміщення зразка 6. При обертанні за ходом годинникової стрілки маховика 8 в обертання приводиться гвинт 11, який піднімає стіл 7, підводячи зразок до індентора.

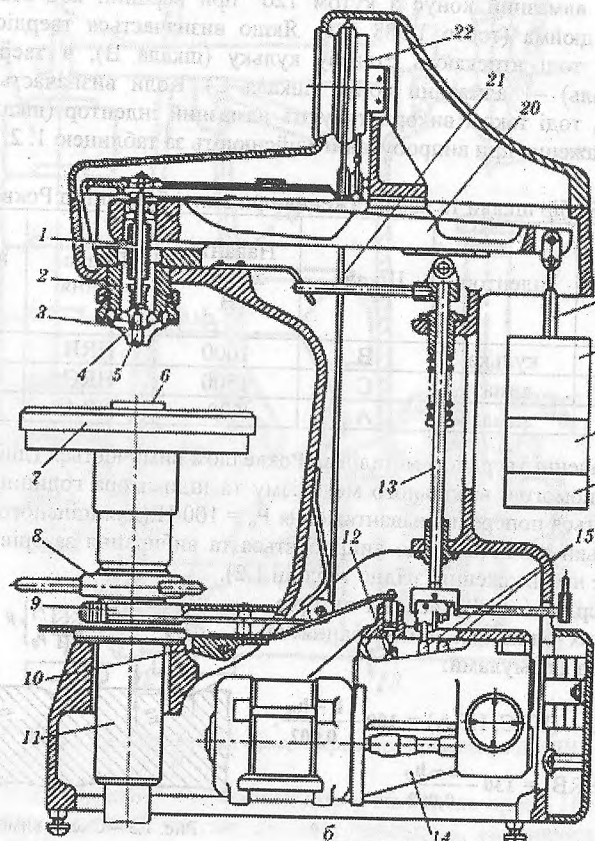


Рис. 1.4 – Кінематична схема твердоміра Роквелла (типу ТК)

При подальшому обертанні маховика 8 стискується пружина 2 шпінделя 1, яка створює попереднє навантаження. При цьому маховик обертають доти, доки мала стрілка не дійде червоної точки індикатора, а велика стрілка не займе приблизно вертикальне положення (± 5 поділок шкали індикатора). Основне навантаження на індентор (алмазний конус чи сталеву кульку) здійснюється за допомогою приводу 14 від електродвигуна твердоміра.

Натисканням на клавішу 10 через кронштейн 12 приводять у дію кулачковий блок 15 механізму приводу 14, передача від якого до вантажного важеля 20 здійснюється за допомогою штока 13. При цьому підвіска 19 з вантажами 16, 17, 18

опускається і створює основне навантаження. Після закінчення вимірювання кулачковий блок автоматично вимикається і фіксується у вихідному положенні.

За число твердості приймають середнє арифметичне значення, яке отримують після трикратного випробування. Число твердості за Роквеллом можна перевести в число твердості за Бринелем (Додаток А).

Метод Віккерса дає можливість вимірювати твердість як м'яких, так і дуже твердих металів та сплавів; він придатний для визначення твердості тонких поверхневих шарів (наприклад, при хіміко-термічному обробленні). За цим методом у зразок вдавлюють чотиригранну алмазну піраміду з кутом при вершині 136° (рис. 1.5).

Число твердості за Віккерсом позначається символом HV та визначається за формулою:

$$HV = \frac{P}{F} = \frac{2P \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = \frac{1,854 \cdot P}{d^2}, \quad (1.5)$$

де P – навантаження, Н,
 d – довжина діагоналі відбитку, мм.

Навантаження може становити 50, 100, 250, 300, 500, 1000 Н. Можливість застосування маленьких навантажень (50, 100 Н) дозволяє визначити твердість деталей, які мають маленьку товщину та тонких поверхневих шарів (наприклад, цементованих, ціанованих, азотованих тощо та ін.). Практичну величину HV беруть з таблиць.

Числа твердості за Віккерсом та Бринелем мають однакову розмірність (МПа) та для матеріалів твердістю до 450 НВ практично збігаються.

Вимірювання на мікротвердість проводять для дрібних деталей, тонких стрічок, структурних складових сплавів, фольги, азотованих та ціанованих шарів. Мікротвердість визначають твердоміром ПМТ, індентором на якому є алмазний наконечник, який має вигляд чотиригранної піраміди з кутом при вершині 136° .

Для навантаження використовують спеціальні вантажі у формі шайб з вирізом, які мають різну масу (2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 і 500 г). Після вимірювання твердості діагональ отриманого відбитка вимірюють окулярним мікрометром і визначають число твердості:

$$H = \frac{1,8544 \cdot P}{d^2}, \quad (1.6)$$

де P – навантаження на піраміду, кН;

d – довжина діагоналі відбитка, яка є середнім арифметичним довжини обох діагоналей відбитка, мм.

Щоб не вираховувати мікротвердість за формулою (1.6), користуються спеціальними таблицями, які розраховані на відповідні навантаження.

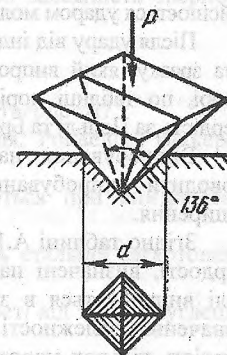


Рис. 1.5 – Схема випробування на твердість за Віккерсом

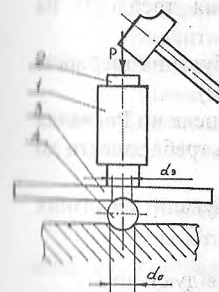


Рис. 1.6 – Схема вимірювання твердості на приладі Польді

Для вимірювання твердості великогабаритних виробів невисокої твердості застосовується прилад Польді (рис. 1.6). Принцип роботи приладу – метод вдавлювання та порівняння твердості з еталоном, яким є брусок зі сталі 45. До приладу входять оправка 1, бойок 2, індентор 4 та еталон 3. Вдавлювання індентора (кульки Ø10 мм) здійснюється ударом молотка з силою 200 - 250 Н (середній удар молотком).

Після удару від індентора виникає дві лунки (відбитка): одна – на еталоні, а друга – на зразку, який випробують. Після вимірювання діаметрів відбитків на еталоні та виробі, по таблиці порівняння можна знайти твердість матеріалу, що випробують. Твердість за Польді та Бринелем порівняні.

Випробування на твердість завдяки швидкості, простоті та можливості проводити випробування готових виробів без їх руйнування знайшли велике поширення.

Згідно таблиці А.1 (додаток А), яка зроблена за експериментальними даними, твердості, визначені на різноманітних приладах, можна співвідносити. Твердість сталі випробується в залежності від кількості вуглецю, який вона містить. Для визначення залежності твердості від вмісту вуглецю необхідно випробувати твердість кількох марок сталей – 10, 20, 30, 45, У8, які вміщують 0,10; 0,20; 0,30; 0,45 та 0,8 % С відповідно. Результати випробувань занести до протоколу та за цими даними побудувати графік залежності твердості сталі від вмісту вуглецю.

4 ОСНАЩЕННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

4.1 Прилади Бринеля (ТШ-2), Роквелла (ТК-2), Віккерса, Польді, ПМТ-3.

4.2 Ручний мікроскоп МПБ-2.

4.3 Зразки сталей та сплавів кольорових металів.

4.4 Зразки відпалених сталей 10, 20, 30, 45, У8 (У10).

4.5 Таблиця співвідношення твердостей, випробуваних на різних приладах.

5 РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ ТА ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

5.1 Дайте визначення твердості.

5.2 Намалуйте кінематичні схеми приладів Бринеля та Роквелла, позначте основні вузли та деталі приладів. Наведіть схеми вимірювання твердості на приладах Віккерса, Польді.

5.3 Виберіть тип приладу, індентор, навантаження для випробування твердості наданого викладачем зразка матеріалу (за індивідуальним завданням).

5.4 Провести випробування твердості зразка на приладах Бринеля чи Роквелла у залежності від індивідуального завдання. Результати випробувань треба занести до протоколу вимірювань.

5.5 Співставити твердості зразків, які отримані при випробуванні на різних приладах. Результати занести до протоколу.

Таблиця 1.3 – Протокол вимірювання твердості зразка за індивідуальним завданням

Матеріал зразка	Товщина зразка, мм	Прилад	Навантаження, кН	Індентор	Твердість				
					HB	HRC	HRB	HRA	HV

5.6 Заміряти твердість зразків сталей з різним вмістом вуглецю та побудувати графік залежності твердості сталі від вмісту вуглецю (робота виконується підгрупою).

5.7 Аналізуючи отримані данні, зробити висновок про залежність твердості відпаленої сталі від вмісту вуглецю.

6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

6.1 Що таке твердість? Які існують методи визначення твердості?

6.2 Як вимірюється твердість на твердомірах Бринеля, Роквелла, Віккерса, ПМТ, Польді?

6.3 Які індентори та які навантаження застосовуються при вимірюванні твердості на різних приладах?

6.4 На яких приладах можливо випробувати твердість сталюї загартованої деталі, твердого сплаву, цементованої сталі, тонкої фольги?

6.5 Як змінюється твердість відпаленої сталі у залежності від вмісту вуглецю? [5, с. 24 -39, 10, с.56 -100].

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 МІКРОСКОПІЧНИЙ ТА МАКРОСКОПІЧНИЙ АНАЛІЗ МАТЕРІАЛІВ

1 МЕТА РОБОТИ

Ознайомитися з обладнанням та методами мікроскопічного та макроскопічного аналізу матеріалів. Вивчити методику приготування мікрошліфів та макрошліфів.

2 ПРОГРАМА РОБОТИ

2.1 Ознайомитися з методами металографічного аналізу матеріалів.

2.2 Вивчити макроструктурний метод аналізу матеріалів.

2.3 Вивчити методи приготування макрошліфів.

2.4 Вивчити мікроструктурний метод аналізу матеріалів.

2.5 Вивчити методи приготування мікрошліфів.

2.6 Вивчити будову та призначення металографічного мікроскопу.

2.7 Ознайомитися з будовою та призначенням електронного мікроскопу.

3 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Властивості металів і сплавів визначаються їх структурним станом, який залежить від хімічного складу та попереднього оброблення. Для вивчення структури металів і сплавів використовують різні методи (дилатометричний, термічний, рентгеноструктурний, електричного опору та ін.). Найпоширенішим з методів є металографічний аналіз.

Металографічний аналіз поділяється на мікро- і макроаналіз.