Національний університет
водного господарства
та природокористування

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет водного
господарства та природокористування

Кафедра автомобілів та автомобільного господарства

12-01-04

Національний університет
водного господарства
та природокористування

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни “Матеріалознавство і технологія матеріалів” для студентів за напрямом підготовки 6.170202 «Охорона праці» денної та заочної форм навчання

Рекомендовано методичною комісією
за напрямом підготовки 6.170202
«Охорона праці»
Протокол №3 від 25.10.2013р.

Рівне – 2013

Національний університет водного господарства та природокористування

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Матеріалознавство і технологія матеріалів” для студентів за напрямом підготовки 6.170202 «Охорона праці» денної та заочної форм навчання / Колесник О.А., Пікула М.В.,– Рівне: НУВГП, 2013. – с.32

Укладачі: Колесник О. А., к.т.н., старший викладач; Пікула М.В., старший викладач.

Відповідальний за випуск: завідувач кафедри автомобілів та автомобільного господарства, професор Марчук М.М.

ЗМІСТ

Лабораторна робота № 1 “Дослідження твердості металів”……. 3
Лабораторна робота № 2 “Дослідження макроструктури металів” ……..……... 8
Лабораторна робота № 3 “Дослідження процесів кристалізації двохкомпонентних сплавів” 13
Лабораторна робота № 4“ Дослідження мікроструктури вуглецевих сталей і чавунів” 15
Лабораторна робота № 5 “Дослідження впливу термічної і хіміко-термічної обробки на структуру і властивості вуглецевих сталей” …… 19
Лабораторна робота № 6 “Дослідження процесів обробки заготовок на токарно-гвинторізних верстатах” 25
Лабораторна робота № 7 Дослідження процесів обробки заготовок на свердлильних верстатах ”..... 28
Список рекомендованої літератури 32

© О.А. Колесник,
М.В. Пікула, 2013
© НУВГП, 2013

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Лабораторна робота № 1
ДОСЛІДЖЕННЯ ТВЕРДОСТІ МЕТАЛІВ

Мета роботи: вивчити основні методи і прилади для визначення твердості металів; набути практичні навики визначення твердості методами Брінелля та Роквелла; порівняти значення твердості різних металів.

Забезпечення роботи: набір зразків різних сплавів, твердомір Брінелля, мікроскоп МПБ-2, твердомір Роквелла, довідкові таблиці.

1.1. Теоретичні відомості

Твердість - це здатність металу опиратися проникненню в нього іншого, більш твердого, тіла певної форми і розмірів, яке під дією навантаження практично не отримує залишкової деформації. Тіло, яке проникає у випробувану поверхню, називається індентором і може мати форму кульки, конуса чи чотиригранної піраміди. Індентори виготовляють з інструментальних сталей, твердих металокерамічних сплавів або технічних алмазів.

Визначення твердості - поширений метод випробування металів, який дозволяє судити про деякі характеристики деталі без її руйнування. Більшість кілька методів визначення твердості грунтується на тому, що індентор залишає на випробовуваній поверхні відбиток, розміри якого і визначають твердість зразка. Чим менший відбиток, тим більша твердість металу.

У виробничих умовах застосовують методи Брінелля і Роквелла, для дослідницьких цілей - метод Віккерса.

1.1.1. Визначення твердості методом Брінелля

Сутність методу, названого в честь шведського інженера Ю.А.Брінелля, грунтується на втисненні у випробувану поверхню стальної загартованої кульки діаметром D під дією навантаження P протягом часу τ. В результаті пластичної деформації на поверхні утворюється відбиток у вигляді сферичної лунки діаметром d і глибиною h (рис.1.1).

Твердість визначається відношенням зусилля P до площі поверхні F відбитка:

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \text{ кг/мм}^2 \qquad (1.1)$$

де HB - твердість (H - від англ. слова "hardness"); P - навантаження, кг; D - діаметр кульки, мм; d - діаметр відбитка, мм.

Якщо навантаження P задано у Н, то формула (1.1) має вигляд:

$$HB = \frac{0.102 \cdot P}{F} = \frac{0.102 \cdot 2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \text{ кг/мм}^2 \qquad (1.2)$$

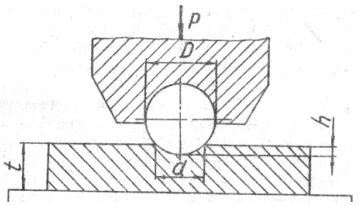

Рис.1.1. Схема проникнення індентора за методом Брінелля

Між межею міцності $\sigma_в$ і значенням твердості металів є залежність $\sigma_в = a \cdot HB$, де K - коефіцієнт, який залежить від випробуваного металу (для сталей - 0,37, для мідних сплавів – 0,5, для алюмінієвих сплавів – 0,34, для чавуну – 0,1).

Значення P залежить від передбачуваної твердості випробуваного металу: $P = KD^2$, де D - діаметр кульки, мм; K - коефіцієнт пропорційності, який залежить від твердості металу (табл.1.1). Діаметр кульки залежить від товщини зразка. Для товщини $S > 6$ мм діаметр кульки D=10 мм, при s= 3...6 мм приймають D=5 мм, при $2 < S < 3$ мм вибирають D=2,5 мм.

Витримку зразка τ під навантаженням визначають в залежності від металу. Для чавуна та сталі τ=10…15 с; для кольорових металів і сплавів τ=10…180 с.

Віддаль між центрами двох сусідніх відбитків повинна бути не меншою 4d, а віддаль від центра відбитка до краю зразка - не менше 2,5 d . Для особливо м'яких металів (HB<35) ці віддалі повинні бути, відповідно, 6d і 3d.

Таблиця 1.1

Значення коефіцієнта пропорційності для різних матеріалів

Метали та сплави	Коефіцієнт a, Н/мм^2 (кг/мм^2)	Твердість HB, кг/мм^2
Залізо, сталь, чавун	294 (30)	96…450
Мідь, алюміній і сплави	98 (10)	32…200
Підшипникові сплави	24,5 (2,5)	8…50

Вимірювання твердості здійснюють на пресах типу ТШ, в яких навантаження створюється змінними вантажами. Передаточне відношення преса дорівнює 50, тобто 1 кг вантажу на підвісці створює

Національний університет водного господарства та природокористування

зусилля на інденторі 50 кг.

Діаметр відбитка вимірюють за допомогою мікроскопа МПБ-2, який встановлюють на зразок проти відбитка так, щоб центри отворів у підставі і контуру відбитка збігалися. Початок шкали суміщають з краєм контура і здійснють вимірювання з заданою точністю. Оскільки контур відбитка має форму еліпса, вимірювання діаметра відбитка здійснюють у двох взаємно перпендикулярних напрямках і потім обчислюють середнє арифметичне значення $d_{ср}$. Значення твердості на практиці визначають за довідковою таблицею.

Твердість, виміряна за методом Брінелля, при умовах випробування D=10 мм, P=3000 кг і τ=10…15 с, позначають цифрами, які характеризують величину твердості (у кг/мм^2), і буквами *НВ*. Наприклад, 190 *НВ*. При інших умовах випробування після буквеного позначення вказують: діаметр кульки, навантаження і час витримки під навантаженням. Так твердість за Брінеллем, виміряна з використанням кульки D=5 мм, при навантаженні P=750 кг і витримці τ=20с, запишеться так: 190 *НВ* 5/750/20.

Метод Брінелля не застосовують для металів твердістю більше 450 НВ, тому що в цьому випадку може відбутися деформація кульки і кінцевий результат буде спотворений. Цим методом не можна вимірювати твердість листових зразків товщиною менше 0,09 мм і виробів складної конфігурації та малої жорсткості.

1.1.2. Визначення твердості за методом Роквелла

Сутність методу, названого в честь американського металурга С. Роквелла, ґрунтується на втисненні у випробувану поверхню сталевої кульки діаметром 1,588 мм або алмазного конуса з кутом 120° при вершині під дією навантаження P, яке прикладається до зразка в декілька стадій (рис.1.2).

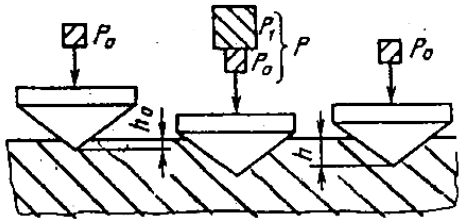

Рис.1.2. Схема проникнення індентора за методом Роквелла

На першій стадії до зразка прикладають початкове навантаження P_o=100 Н, при якому індентор проникає в зразок на глибину h_o. На другій стадії діє повне навантаження P, причому навантаження P_1 залежить від виду індентора (конус або кулька) і передбачуваної твердості випробуваного матеріалу. Індентор проникає у зразок на певну глибину. На третій стадії навантаження P_1 знімається, зразок залишається під навантаженням P_o і індентор фіксується на глибині h. Різниця між глибинами проникнення індентора в зразок на першій і третій стадіях характеризує твердість металу. Чим менша різниця, тим метал твердіший.

Значення твердості за методом Роквелла (в умовних одиницях) визначається за формулами:

$HR=100-e$ - при вимірюванні по шкалах А і С; (1.3)

$HR=130-e$ - при вимірюванні по шкалі В (1.4)

$$\text{де } e=\frac{h-h_0}{0{,}002}. \quad (1.5)$$

Твердість вимірюють в умовних одиницях приладом ТК-2. На його фронтальній частині встановлено індикатор, за шкалою якого і відраховується значення твердості. За одиницю твердості прийнята величина, яка відповідає переміщенню кульки або конуса на 0,002 мм.

Різні значення навантаження, яке прикладають до зразка при різних умовах випробування, забезпечуються змінними вантажами, які встановлюють на підвіску приладу. Попереднє зусилля P_0=10 кг створює пружина наприкінці процесу дотискання зразка до індентора.

Таблиця 1.2.

Технічні характеристики преса ТК-2

Позначення		Межі вимірювань твердості за Роквеллом	Значення твердості за Віккерсом, *HV*	Тип наконечника	Навантаження, *P*, кг (Н)
Шкали	Твердості				
В (червона)	*HRB*	25…100	60…240	Кулька	100 (1000)
С (чорна)	*HRC*	20…67	240…900	Конус	150 (1500)
А (чорна)	*HRA*	70…85	390…900	Конус	60 (600)

Твердість за Роквеллом позначають буквенно-числовим символом, наприклад: *HRB* 40; *HRC* 45; *HRA* 30, де *HRB*, *HRC* і *HRA* - твердість за Роквеллом, визначена відповідно по шкалах В, С, А, а цифра – твердість в умовних безрозмірних одиницях.

Національний університет водного господарства та природокористування

Метод Роквелла поширеніший, оскільки має ширші межі по визначенню максимальних значень твердості (до *HB* 800) при використанні мінімальної товщини зразків 0,4 мм. Крім того, він продуктивніший, має високу точність і зберігає якість поверхні після випробувань. Проте метод не рекомендується застосовувати для випробувань чавунів, внутрішніх криволінійних поверхонь з радіусом кривизни менше 5 мм, а також нежорстких деталей.

1.2. Порядок виконання роботи

Вимірювання твердості методом Брінелля.

1. Встановити вид металів заданих зразків, виміряти їхню товщину і вибрати необхідні умови випробування - діаметр кульки, навантаження і час. Налагодити прилад на заданий режим випробовування.

2. Встановити зразок на столик, підвести його до індентора, підтиснути до упора і включити електродвигун приводу. Після автоматичного виключення електродвигуна опустити столик і зняти зразок.

3. Аналогічно повторити випробування інших зразків.

4. За допомогою мікроскопа МПБ-2 виміряти два взаємно перпендикулярних діаметри (d_1 і d_2) кожного відбитка, обчислити середнє значення, а потім визначити твердість зразка в цілому.

5. Результати вимірів занести у табл.1.3 і зробити висновки.

Таблиця1.3

Протокол результатів вимірювань за Брінеллем

№ з/п	Матеріал	Діаметр кульки, D, мм	Витримка, τ, с	Навантаження, P, Н	Діаметр відбитка, мм			HB, Н/мм^2	σ, Н/мм^2
					d_1	d_2	$d_{ср}$		

Вимірювання твердості методом Роквелла.

1. Встановити орієнтовний вид металу і передбачувану твердість зразків, визначити умови випробування кожного з них - індентор, навантаження, шкала вимірювання. Налагодити прилад на потрібний режим. Включити електродвигун приводу.

2. Встановити зразок на столик приладу, підвести зразок до індентора і далі до суміщення маленької стрілки індикатора з червоною точкою, сумістити "нуль" чорної шкали з кінцем великої стрілки, а

потім натиснути і відпустити педаль пуску. Наприкінці циклу іспитів зафіксувати значення твердості проти кінця великої стрілки на відповідній шкалі і опустити столик.

3. Повторити випробування твердості ще в двох точках. Аналогічно повторити випробування зразків з інших матеріалів.

4. За значеннями твердості, визначеної в різних точках, для кожного зразка знайти середнє значення, а потім перевести отримане значення твердості у твердість за Брінеллем і за Віккерсом..

5. Результати вимірів занести у табл.1.4 і зробити висновки про твердість зразків.

Таблиця 1.4.

Протокол результатів вимірювань за Роквеллом

№ з/п	Матеріал	Тип індентора	Тип шкали	Навантаження, *P*, *H*	Твердість				*HB*, Н/мм^2	*H*V, Н/мм^2
					1	2	3	Ср.		

Національний університет водного господарства та природокористування

Контрольні запитання

1. Що таке твердість? 2. В чому полягає сутність вимірювання твердості за методом Брінелля? 3. В чому полягає сутність вимірювання твердості за методом Роквелла? 4. Як позначається твердість виміряна за методом Брінелля? 5. Як позначається твердість виміряна за методом Роквелла?

Лабораторна робота № 2
ДОСЛІДЖЕННЯ МАКРОСТРУКТУРИ МЕТАЛІВ

Мета роботи: Навчитися проводити дослідження макроструктури металів, виявляти дефекти, визначати вид зламу, умови та характер попередньої обробки.

Забезпечення роботи: набір зразків, реактиви, плакати

2.1. Теоретичні відомості

Макроскопічний аналіз (макроаналіз) - це дослідження будови металів і сплавів неозброєним оком або оптичними приладами, які мають невелике (до 30-ти разів) збільшення. Виявлену в такий спосіб будову називають *макроструктурою*. Оскільки спроможність людського ока незначна (не більше 0,3 мм), то й мінімальні розміри елементів досліджуваної структури повинні перевищувати 0,3 мм.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Основна задача макроаналізу - визначення порушення суцільності металу (пухирів і раковин, пустот у литому металі, тріщин); дефектів зварювання (непроварювання, порожнини); встановлення хімічної неоднорідності сплаву (ліквації); визначення способу обробки деталі (лиття, обробка тиском, різанням); визначення неоднорідності будови, утвореною термічною чи хіміко-термічною обробкою (глибина поверхневого гартування, глибина цементації); встановлення причини руйнування деталі за характером структури зламів.

Макроаналіз буває трьох видів: зовнішній огляд; вивчення макрошліфів; вивчення зламів.

2.1.2. Зовнішній огляд деталі

Зовнішній огляд дозволяє встановити зовнішні дефекти будови деталі: тріщини, раковини, відшарування часток металу, порушення форми деталі, характер розташування дефектів (суцільний, зональний, рядковий чи радіальний).

2.1.3. Вивчення макрошліфів.

Макрошліф - це поверхня зразка, підготовлена для дослідження макроструктури. Зразок вирізають з визначеного місця деталі, залежно від того, що досліджують (виливок, штамповка, прокат, зварна чи термічно оброблена деталь) і що потрібно вивчити (структура кристалізації, ліквація тощо), поверхню шліфують абразивним папером різних номерів, після кожного з яких напрям шліфування змінюють на 90°. Закінчують шліфування абразивним папером з розміром часток 50...40 мкм. Після цього поверхню промивають водою, просушують фільтрувальним папером і травлять для виявлення досліджуваної структури.

Дослідження дендритної будови. При вивченні дендритної будови литої сталі, тріщин і пор застосовують 15-відсотковий розчин персульфата амонію $(NH_4)S_2O_8$ або 50-відсотковий розчин соляної кислоти HCl при температурі 60…70°С. Час травлення 15...25 хв. Міждендритні проміжки витравлюються, а осі дендритів виступають на поверхню. Пори та тріщини проявляються у вигляді темних ділянок різної форми (рис.2.1).

Дослідження волокнистої будови. Волокниста структура характерна для пластично деформованого металу, який має анізотропію властивостей у різних напрямках. Так, вздовж волокон ударна в'язкість, пластичність і опір руйнуванню значно вища, ніж впопе-

рек. Тому бажано виготовляти вироби так, щоб волокна не перерізалися, а максимально відповідали їхній конфігурації.

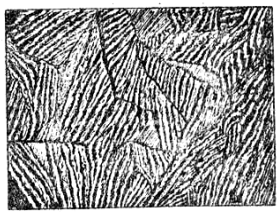

Рис.2.1. Будова литої сталі

Волокна в металі – це витягнуті осі первинних кристалів (дендритів) або структурних складових, напрямок яких залежить від напряму пластичної деформації (рис.2.2). За характером їх розташування можна встановити спосіб виготовлення деталі (наприклад, обробка тиском або різанням).

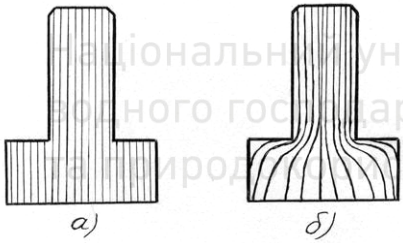

Рис.2.2. Макроструктура деталі, виготовленої обробкою тиском (а) і різанням (б)

Для виявлення волокнистої будови деформованих сталей використовують розчин хромпіка в сірчаній кислоті - $K_2Cr_2O_7$ (25 г) + H_2SO_4 (60 мл) + H_2O (500 мл) чи реактив Гейна - NH_4Cl (53 г) + $Cu Cl_2$ (85г) + H_2O (1000 мл).

Дослідження ліквації сірки. Сірка практично нерозчинна в залізі, проте утворює з ним сульфід заліза *FeS*, який входить в склад евтектики, що утворюється при температурі 988 ^oC. Наявність легкоплавкої та крихкої евтектики, яка розміщається на границях зерен, робить сталь крихкою при температурах, близьких до 800 ^oC. Таке явище має назву *червоноламкості*. Шкідливий вплив сірки посилюється і її нерівномірним розміщенням по об'єму металу – схильністю до ліквації.

Для виявлення ліквації сірки у сталі застосовують метод Баумана. Поверхню макрошліфа, відшліфовану абразивною шкіркою з

Національний університет
водного господарства
та природокористування

дрібним зерном, протирають ватою, змоченою спиртом. Потім аркуш бромосрібного фотопаперу змочують на світлі і витримують протягом 5…10 хвилин у 5-відсотковому розчині сірчаної кислоти, підсушують і прикладають емульсійною стороною до досліджуваної поверхні. Для отримання хороших результатів потрібно прогладити папір не допускаючи його зміщення відносно макрошліфа.

На ділянках зі скупчення сульфідів *FeS* і *MnS*, відбуваються такі реакції:

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S \quad (2.1)$$

$$MnS + H_2SO_4 = MnSO_4 + H_2S \quad (2.2)$$

Сірководень, який утворюється навпроти місця розміщення сульфідів, реагує з бромистим сріблом емульсійного шару:

$$2AgBr + H_2S = 2HBr + Ag_2S \quad (2.3)$$

Після витримки (3…15 хв) папір відділяють, промивають під струменем води, фіксують зображення у гіпосульфіті протягом 20…30 хв, знову промивають і просушують. Сірчисте срібло Ag_2S має темно-коричневий колір, тому темні ділянки на фотопапері вказують контури та характер розподілу включень сульфідів у досліджуваній сталі.

Дослідження ліквації фосфору. Фосфор також є шкідливою домішкою у сталі і має підвищену схильність до ліквації. Розчиняючись, він надає сталі понижену міцність при кімнатних температурах - *холодноламкість*. Для визначення ліквації фосфора використовують реактив Гейна. Поверхню макрошліфа протирають ватою, змоченою у спирті, і опускають на 1…2 хв у реактив. При цьому залізо розчиняється і витісняє мідь, яка осаджується на поверхні зразка. Струменем води мідь змивається з поверхні, макрошліф протирають і просушують. Місця, збагачені фосфором, матимуть темний колір. Це відбувається тому, що сталь, збагачена фосфором, розчиняється швидше.

2.1.4. Вивчення зламів

Злам - це поверхня, по якій відбулося руйнування деталі чи зразка. Вони бувають кристалічні (крихкі), волокнисті (в'язкі) та втомленісні.

Крихкий злам є результатом крихкого руйнування, яке відбувається під дією зовнішніх сил без помітної пластичної деформації. На такому зламі можна спостерігати зерна, їхню форму і взаємне розташування. Крихкі злами бувають *інтеркристалічними (міжк-*

ристалічними) - руйнування відбуваються по межах зерен, тому що вони менш міцні, ніж самі зерна сплаву, та *транскристалічними* - руйнування відбувається по тілу зерна. Інтеркристалічний злам має характерну каменеподібну будову та блискучий колір. У транскристалічному зламі колір зламу матовий, а поверхня рівна (зерна не виділяються в зламі).

Волокнистий злам є результатом в'язкого руйнування, яке супроводжується значною пластичною деформацією зерен. Він має характерну волокнисту будову, колір – тьмяний (рис.2.3). За волокнистим зламом не можна судити про внутрішню будову, оскільки не виявляється форма і розмір зерна.

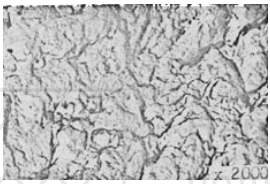

Рис.2.3. Будова в'язкого зламу

Рис.2.4. Будова втомленісного зламу

Втомленісний злам (рис.2.4) є ознакою втомленісного руйнування деталей, яке відбувається під дією знакозмінних напруг. Злам має три зони: 1 - ядро (тріщина, пора, неметалічне включення); 2 - зона втоми, яка має ступінчасто-складчасту будову з окремими ділянками блискучої поверхні; 3 - зона залишкового руйнування (зону доломлювання), яке може бути крихким або в'язким (в залежності від умов впливу напруг на кінцевій стадії руйнування, будови і властивостей металу).

2.2. Порядок виконання роботи

Дослідити волокнисту будову заданих деталей. Визначити характер їх обробки. Дослідити ліквацію сірки. Визначити дефекти зварювальних швів. Дослідити і зарисувати злами. Вказати дефекти та причини їх виникнення.

Контрольні запитання

1. Що таке макроаналіз? 2. Що таке макрошліф і як його готують? 3. Які є види макроаналізу? 4. В чому полягає відмінність у макрошліфах деталей виготовлених обробкою тиском та різанням?

Національний університет водного господарства та природокористування

5. Що таке волокна в металі? 6. Що таке ліквація? 7. Що таке червоноламкість і холодноламкість? 8. Як визначають глибину поверхневої термічної обробки сталі? 9. Що таке злам? 10. Які є види зламів?

Лабораторна робота № 3
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ДВОХКОМПОНЕНТНИХ СПЛАВІВ

Мета роботи: вивчити методику побудови діаграм стану двохкомпонентних систем; отримати навички у вивченні сплавів методом термічного аналізу, навчитися аналізувати діаграми стану з застосуванням правила фаз і правила відрізків.

Забезпечення роботи: набір сплавів різного хімічного складу, тигельна піч, термопара (або термометр).

3.1. Теоретичні відомості

Сплави – це з'єднання двох і більше металів або металів і неметалів. Речовини, які входять до складу сплаву, називають *компонентами*. В процесі кристалізації компоненти, взаємодіючи між собою, утворюють *фази* - однорідні за хімічним складом частини сплаву, які мають поверхні поділу, при переході через які змінюються стрибкоподібно.

Процеси, які відбуваються у металах і сплавах при фазових перетвореннях, підпорядковані загальному закону рівноваги - правилу фаз Гіббса, яке виражає залежність між числом ступенів свободи, числом компонентів і фаз в умовах рівноваги:

$$C = K - \Phi + 1 \qquad (3.1)$$

де C - число ступенів свободи (кількість змінних, зміна яких не призводить до зміни стану рівноваги системи); K - число компонентів, які входять до складу сплаву; Φ - число фаз, що знаходяться в рівновазі; 1 - число зовнішніх чинників (температура).

Графічне зображення зміни фазового складу сплавів даної системи в залежності від температури і концентрації називається *діаграмою стану*.

Діаграму стану двохкомпонентного сплаву будують у координатах "температура – концентрація": на осі ординат відкладають температура (в градусах Цельсія), на осі абсцис - концентрація компонентів (у відсотках). Таким чином, кожна точка діаграми характеризує фазовий склад даного сплаву при заданій температурі.

Вид діаграми стану визначається характером взаємодії компонентів системи у твердому стані (у рідкому стані компоненти утворюють необмежено рідкі розчини).

Діаграми стану будують за критичними точками - температурами фазового перетворення. Оскільки фазові перетворення мають температурний гістерезис (критичні точки при нагріванні й охолодженні у багатьох сплавах не співпадають), то вони позначаються так: *Ac* - при нагріванні; *Ar* - при охолодженні. Сплави можуть мати декілька критичних точок.

Простим методом визначення критичних точок є термічний аналіз, який ґрунтується на побудові кривих нагрівання (охолодження). За рахунок аномалії теплових ефектів, пов'язаних із протіканням фазових перетворень, на кривих утворяться температурні зупинки чи перегини, за якими і визначають критичні точки (рис.3.1).

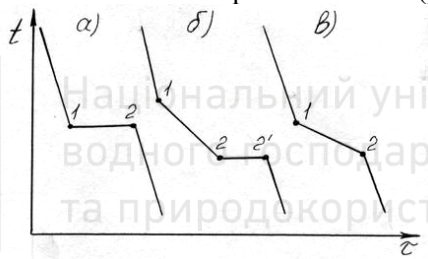

Рис.3.1. Криві охолодження: а - чисті метали, хімічні сполуки, евтектичні сплави; б - доевтектичні і заевтектичні сплави; г – тверді розчини

Криві охолодження чистих металів, хімічних сполук, евтектичних сплавів (рис.3.2.а) мають одну критичну точку *Ar* (ділянка 1-1). Доевтектичні, заевтектичні сплави і сплави, які утворюють тверді розчини, мають дві критичні точки: Ar_1 і Ar_2.

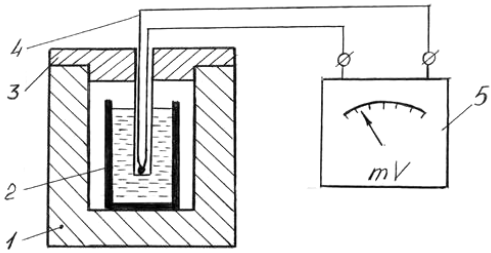

Рис.3.2. Схема установки для термічного аналізу: 1 - електрична піч, 2 – тигель з розплавом; 3 - кришка; 4 - термопара; 5 – мілівольтметр

Національний університет водного господарства та природокористування

На рис.3.2 зображена схема установки для проведення термічного аналізу. Для вимірювання температури застосовують термометри або термоелектричні пірометри.

3.2. Порядок виконання роботи

Робота виконується п'ятьма бригадами, кожна з яких досліджує один сплав. Для побудови кривої охолодження температуру вимірюють безперервно через кожні 15 с. Дані вимірів заносяться в таблицю результатів. По перегинах і температурних зупинках на кривій визначаються критичні точки. Перенісши їх на площину діаграми стану і з'єднавши однойменні точки плавними лініями, отримаємо лінії ліквідус і солідус.

Контрольні запитання

1. Що таке сплави? 2. Охарактеризувати компоненти і фази сплаву. 3. В чому полягає суть правила фаз Гіббса? 4. Що таке діаграма стану сплаву? 5. Що таке лінія ліквідус і лінія солідус? 6. Що таке евтетика? 7. Які сплави називають до евтектичними і заевтектичними?

Національний університет водного господарства та природокористування

Лабораторна робота № 4
ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОСТРУКТУРИ ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ І ЧАВУНІВ

***Мета роботи**:* вивчити діаграму стану залізо-цементит, основні процеси, які відбуваються по її лініях, фазовий та структурний склад сплавів в різних областях діаграми Fe-Fe_3C, класифікацію і маркування вуглецевих сталей і чавунів, отримати практичні навички мікроструктурного дослідження сталей і чавунів.

Забезпечення роботи: мікроскоп МІМ-7, набір мікрошліфів сталей і чавунів, твердоміри ТК-2, плакати і фотографії мікроструктур сталей і чавунів.

4.1. Теоретичні відомості

4.1.1. Мікроструктурний аналіз

Властивості металів визначаються їхньою внутрішньою будовою (структурою), яка змінюється під впливом різних за природою зовнішніх енергетичних полів (механічних, теплових, променевих, радіаційних, електромагнітних) і хімічного складу сплаву.

Важливу інформацію про будову матеріалу дає *мікроструктурний аналіз (мікроаналіз)* - дослідження будови металів при великому (більше 30) збільшенні. Досліджувану будову називають *мікро-*

Національний університет
водного господарства
та природокористування

структурою.

Основними задачами мікроаналізу є: визначення форми і розмірів зерен; визначення форми, розмірів і взаємного розташування структурних складових сплаву; виявлення мікротріщин і включень (сульфідів, оксидів, нітридів); визначення хімічного складу деяких фаз за їхньою формою і кольором.

Підготовлену для дослідження мікроструктури поверхню зразка називають *мікрошліфом*. Зразок повинен мати форму куба чи циліндра з розміром сторони або діаметра не більше 20 мм. Зразки менших розмірів або неправильної геометричної форми заливають епоксидними смолами чи легкоплавкими сплавами у контейнери

Зразок шліфують на спеціальному шліфувальному папері, змінюючи розміри абразивних часток від 320... 250 мкм до 20...14 мкм. При переході з паперу одного номера на інший змінюють напрям шліфування – перпендикулярно до рисок від попереднього номера паперу – до тих пір, поки риски не зникнуть. Поліруванням видаляють найдрібніші дефекти поверхні, які залишилися після шліфування. На практиці використовують механічне полірування кругом, покритим фетром чи тонким сукном. Як полірувальна рідина, використовуються суспензії оксидів алюмінію, хрому, магнію (Al_2O_3, Cr_2O_3, MgO), якими змочують поверхню круга. Полірування закінчують, якщо поверхня зразка має дзеркальний блиск і при 100-кратному збільшенні не помітно рисок. Після цього мікрошліф промивають водою і спиртом і висушують.

Заключна операція – травлення мікрошліфа, адже на нетравленій поверхні можна помітити лише неметалеві включення. Травильними розчинами є електроліти - водні чи спиртові розчини солей, лугів, кислот. Структурні складові (фази) сплаву, які мають найбільший від'ємний електродний потенціал, відіграють роль мікроскопічних анодів і розчиняються, утворюючи впадини на мікрошліфі, а ділянки, які є катодами, не розчиняються, утворюючи виступи. Таким чином, травлення викликає утворення мікрорельєфа, який сприяє дифракції світла при дослідженні під мікроскопом (рис.4.1). Для травлення сталей і чавунів найчастіше використовують 4...5%-вий спиртовий розчин HNO_3.

Для мікроаналізу сплавів використовують металографічні мікроскопи, в яких зображення структури представляє собою інтерференційну картину відбитих від поверхні шліфа променів.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

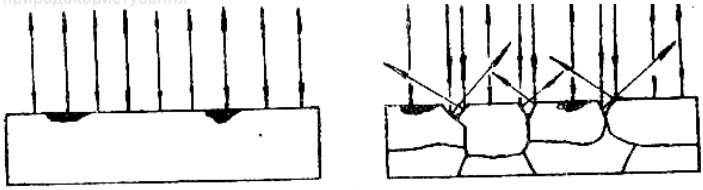

Рис.4.1. Схема відбивання променів від поверхні шліфа:
а – нетравленого, б – травленого

4.1.2. Класифікація вуглецевих сталей

Вуглецеві сталі класифікують за структурою у рівноважному стані, вмістом вуглецю, ступенем розкислення, якістю і призначенням.

За структурою у рівноважному стані вуглецеві сталі поділяють на доевтектоїдні, евтектоїдну і заевтектоїдні. *Доевтектоїдними* називаються сталі, що містять від 0,02 до 0,8 % С і мають у структурі ферит та перліт. *Евтектоїдна* – сталь, яка містить 0,8 % С і має перлітну структуру. *Заевтектоїдними* називають сталі, що містять від 0,8 до 2,14 % С і мають у структурі перліт і цементит вторинний.

За вмістом вуглецю сталі поділяють на низьковуглецеві (<0,3%С), середньовуглецеві (0,3 < С < 0,7%) та високовуглецеві (>0,7%С).

За якістю сталі класифікують на звичайної якості, якісні та високоякісні. Основним показником якості є вміст сірки та фосфору в сталі. Сталі звичайної якості містять до 0,06 % S і 0,07 % P, якісні – до 0,04 % S і 0,035 % P, високоякісні – до 0,025 % S і P.

За ступенем розкислення сталі поділяють на киплячі (Si<0,07 %), напівспокійні(0,07<Si<0,17 %) та спокійні(0,17<Si<0,37 %).

За призначенням вуглецеві сталі поділяють на конструкційні та інструментальні.

4.1.3. Класифікація чавунів

Чавуни, в залежності від форми вуглецю в них, поділяють на білі, сірі, високоміцні та ковкі.

У білих чавунів весь вуглець знаходиться в зв'язаному стані у вигляді цементиту чи інших карбідів. Злам таких чавунів має матово-білий колір. Білі чавуни в залежності від вмісту вуглецю поділяються на доевтектичні, евтектичні та заевтектичні. *Доевтектичними* називають чавуни, які містять від 2,14 до 4,3 % С, структура яких

Національний університет
водного господарства
та природокористування

складається з перліту, цементиту вторинного і ледебуриту. *Евтектичні* чавуни – це чавуни, які містять 4,3 % С, структурною складовою яких є тільки ледебурит. *Заевтектичними* називають чавуни, які містять від 4,3 до 6,67 % С і структура яких складається з ледебуриту та цементиту первинного. Білі чавуни мають високу твердість (*НВ* 4500...5500) та крихкість і тому для деталей машин їх не використовують.

У сірих, високоміцних та ковких чавунах вуглець частково чи повністю знаходиться у вільному стані у вигляді графіту, який надає зламу цих чавунів сірий колір і тому вони називаються сірими.

Структура сірих, високоміцних і ковких чавунів складається з металічної основи і графіту різної форми – пластинчастої, кулястої та пластівцевої. Чавуни, в яких графіт має пластинчасту форму, називаються звичайними сірими, кулясту форму – високоміцними, пластівцеву форму – ковкими.

Графіт має низькі механічні властивості і тому можна вважати , що місця, які він займає – це пустоти в металі. Пластинчаста форма найбільше послаблює металічну основу, виступаючи концентраторами напруг. Кулястий графіт є менш сильним концентратором напруг, ніж пластинчастий графіт. Тому чавуни з кулястим графітом мають вищу міцність і деяку пластичність. Пластівцева форма є проміжною між пластинчастою і кулястою формами і, відповідно, ковкі чавуни мають значення механічних властивостей проміжні між властивостями сірих і високоміцних чавунів.

Сірі, високоміцні та ковкі чавуни за структурою металічної основи поділяють на феритні, феритно-перлітні та перлітні. Структура феритних чавунів складається із феритної основи і включень графіту, феритно-перлітних чавунів – із феритно-перлітної основи і графіту, перлітних чавунів – із перліту і графіту. Феритні чавуни мають найнижчу міцність і найвищу пластичність і, навпаки, перлітні чавуни – найвищу міцність і найнижчу пластичність.

4.2. Порядок виконання роботи

4.2.1. Вивчити діаграму стану залізо-цементит, фази, структурні складові сплавів системи *Fe - Fe_3C*, їхні характеристики.

4.2.2. Вивчити класифікацію і маркування сталей і чавунів.

4.2.3. Провести дослідження мікроструктури вуглецевих сталей і технічного заліза за допомогою металографічного мікроскопа з ви-

користанням альбомів мікроструктур стендів. Визначити орієнтовно вміст вуглецю в досліджуваних зразках за формулою:

$$\%C = (F_{ф} \cdot 0{,}01 + F_{п} \cdot 0{,}8 + F_{ц} \cdot 6{,}67) / 100 \qquad (4.1)$$

За вмістом вуглецю визначити марку сталі та її призначення. Зарисувати схематично мікроструктури досліджуваних зразків. Отримані результати оформити у вигляді табл. 4.1.

4.2.4. Провести дослідження мікроструктури білих, сірих, високоміцних і ковких чавунів до і після травлення. Результати дослідження оформити у вигляді табл. 4.2.

Таблиця 4.1.

Результати дослідження мікроструктури вуглецевих сталей

Мікроструктура	Вміст структурних складових, %			Вміст вуглецю, %	Марка сталі
	Ф	П	Ц		

Таблиця 4.2.

Результати дослідження мікроструктури чавунів

Мікроструктура		Структурні складові					Форма графіту	Марка чавуну
до травлення	після травлення	Ф	П	Ц	Л	Г		

Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте мікроаналіз металів 2. Що таке мікрошліф? 3. Охарактеризуйте фази, які утворюються в системі залізоцементит? 5. Як поділяють сталі за вмістом вуглецю? 6. Як класифікують сталі за якістю? 7. Як поділяють вуглецеві сталі за призначенням? 8. Як позначають сталі звичайної якості, якісні конструкційні сталі і інструментальні сталі? 9. Які є види чавунів? 10. Охарактеризуйте види чавунів? 15. Як маркують сірі, високоміцні та ковкі чавуни?

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Лабораторна робота №5
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕРМІЧНОЇ І ХІМІКО-ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ

Мета роботи: Вивчити вплив основних видів термічної і хіміко-термічної обробки на структуру і механічні властивості вуглецевої сталі.

Забезпечення роботи: печі муфельні; зразки вуглецевих сталей; твердомір Роквелла; альбом структур, довідкові таблиці.

5.1. Теоретичні відомості

Термічна обробка (ТО) служить для зміни структури і властивостей сталі.

Відпалювання. Залежно від того, нагрівають сталь нижче чи вище температур фазових перетворень у твердому стані, розрізняють відпалювання першого роду (рекристалізаційне, для зняття залишкових напруг, дифузійне) і другого роду (повне чи неповне).

Рекристалізаційне відпалювання застосовують для зняття наклепу сталі після її холодної обробки тиском (прокатування, волочіння, штампування). Сталь нагрівають вище температури рекристалізації, витримують при цій температурі і потім охолоджують на повітрі.

Відпалювання для зняття внутрішніх напруг, призначене для зменшення або зняття у виробах шкідливих напруг розтягу, проводять при невисокій температурі. Воно виконується після різних технологічних операцій (зварювання, лиття тощо).

Дифузійне відпалювання застосовують виливків великих розмірів з легованих сталей для усунення в них дендритної ліквації. Сталь нагрівають до 1000…1150 ^{o}C, витримують 12…15 год і повільно охолоджують у печі.

Повне відпалювання служить для отримання дрібнозернистої структури в доевтектоїдній сталі. Температуру нагрівання вибирають за діаграмою стану Fe - Fe_3C вище точки Ac_3 на 30…50 ^{o}C (рис.5.1). При повільному охолодженні разом з піччю відбувається розпад аустеніту з утворенням дрібнозернистої структури перліту і фериту.

Неповне відпалювання застосовують для отримання дрібнозернистої структури в заевтектоїдній сталі. Сталь нагрівають до температури, на 30…50 ^{o}C вище точки Ac_1, а потім повільно охолоджують. При цьому відбувається перетворення аустеніту в перліт, а вторинний цементит залишається без зміни.

Для отримання структури зернистого цементита заевтектоїдну сталь піддають *сфероутворюючому відпалюванню*. Сталь нагрівають трохи вище точки Ac_1, витримують і потім повільно охолоджують - спочатку до температури точки Ac_1, а потім на повітрі. У сталі, поряд з аустенітом, зберігається велике число часток, які не розчинилися, що сприяє утворенню зернистої форми перліта (цементита).

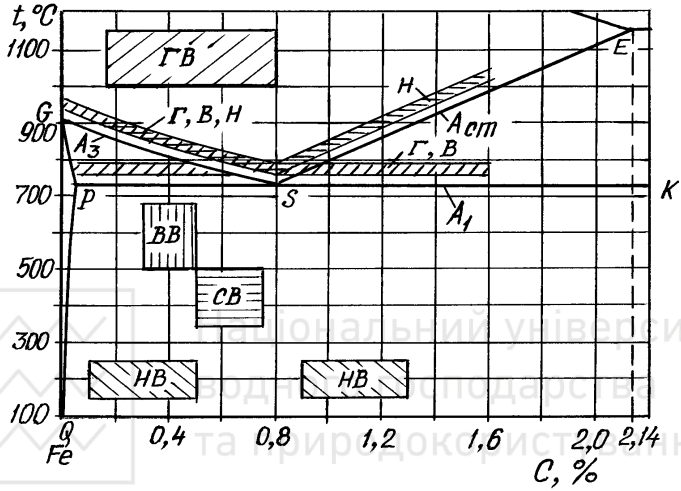

Рис.5.1. Температурні інтервали нагрівання сталі при різних видах термічної обробки: Г – гартування, В – відпалювання, Н – нормалізація, ВВ, СВ і НВ – високе, середнє і низьке відпускання, ГВ – гомогенізаційне відпалювання

Розглянуті види відпалювання проводять з безперервним охолодженням. При відпалюванні з витримкою при постійній температурі (*ізотермічне відпалювання*) сталь нагрівають, як і при звичайному відпалюванні (доевтектоїдну - вище точки Ac_3, заевтектоїдну - вище точки Ac_1 на 20…30 °С), потім швидко охолоджують до температури нижче точки Ac_1 на 20…100 °С і витримують при ній; при цьому відбувається перетворення аустеніта в перліт. Після цього сталь охолоджують на повітрі.

Нормалізація служить для отримання дрібнозернистої структури в доевтектоїдних сталях, зняття внутрішніх напруг і наклепу, отримання однорідної структури перед завершальною термічною обробкою, холодною обробкою тиском або обробкою різанням.

Для низьковуглецевих сталей нормалізація часто замінює повне

Національний університет
водного господарства
та природокористування

відпалювання, для середньовуглецевих і легованих сталей - гартування з наступним відпусканням. Іноді нормалізація заміняє гартування і високе відпускання, проте для відповідальних деталей машин і конструкцій не застосовується. При нормалізації доевтектоїдну сталь нагрівають до температури вище точки Ac_3, а заевтектоїдну - вище точки Ac_1 на 30…50 °С, а потім охолоджують на повітрі.

Гартування служить для надання металу високої твердості і міцності шляхом утворення нерівноважної структури - мартенсита.

В залежності від товщини загартованого шару розрізняють об'ємне і поверхневе гартування. Об'ємне гартування провадиться в печах і ванних, а поверхнева - струмами високої, підвищеної і промислової частоти, газовим полум'ям і в електролітах.

Температуру нагрівання під гартування для вуглецевих сталей вибирають, використовуючи діаграму стану *Fe - Fe_3C*. Доевтектоїдну сталь нагрівають до температур вище точки Ac_3, а заевтектоїдну - вище A_{c1} на 30…50 °С. Витримку при нагріванні вибирають залежно від розмірів виробів й об'єму металу, який завантажено в піч. Після витримки вироби охолоджують у гартувальних середовищах, які забезпечують задану швидкість охолодження. Такими середовищами є вода, мінеральні оливи, розчин їдкого натрію, розплавлені солі, луги і метали, емульсії тощо. Основна вимога до них - висока охолоджувальна спроможність в інтервалі температур 650…550 °С і низька охолоджувальна спроможність при 300…200 °С (уповільнене охолодження при температурах 300…200 °С необхідне для зменшення внутрішніх термічних і структурних напруг).

Основними технологічними властивостями при гартуванні сталі є *загартовуваність* - здатність сталі до підвищення твердості при гартуванні і *прогартовуваність* - здатність гартуватися на певну глибину. За глибину гартування приймають віддаль від поверхні виробу до шару з напівмартенситною структурою (50% мартенситу і 50% трооститу).

При швидкому охолодженні у сталі з'являються тріщини і деформації. Іншими дефектами гартування є м'які плями, знижені твердість і міцність, зневуглецьовування, окислювання тощо. Уникнути цих дефектів або зменшити їх можна застосуванням різних видів гартування і правильним вибором їх режимів.

Відпускання служить для зняття внутрішніх напруг, які виникли в загартованій сталі, і одержання необхідних структур і механічних

Національний університет
водного господарства
та природокористування
властивостей. Цей вид термообробки є найважливішою операцією, яка формує структуру і властивості сталі і визначає її подальшу експлуатацію. При відпусканні виконується нагрівання сталі нижче точки Ac_1 (рис. 5.1), витримка й охолодження. Розрізняють низьке, середнє і високе відпускання.

Низьке відпускання (температура нагрівання 150…250 °С) застосовують для вуглецевих і легованих інструментальних сталей, для яких необхідні високі твердість (*HRC* 59…63) і зносостійкість. Після низького відпускання сталь має структуру відпущеного мартенсита. *Середнє відпускання* (температура 350…500 °С) застосовують для пружинних і ресорних сталей. Сталь отримує структуру троостита відпускання, яка має достатньо високу твердість (*HRC* 44…54) при високій пружності. *Високе відпускання* характеризується температурою 500…680 °С і структурою сорбіта відпускання. Подвійна термічна обробка - гартування і високе відпускання -називається поліпшенням, тому що сталь після такої обробки отримує найбільш сприятливе поєднання механічних властивостей - високі в`язкість і пластичність поряд із достатньою міцністю.

Важливим чинником є час витримки - чим вища температура відпускання, тим час витримки менший, а ось швидкість охолодження великого значення не має.

Хіміко-термічна обробка (ХТО) служить для зміни хімічного складу, структури і властивостей поверхневого шару сталі. Окрім поверхневого зміцнення, ХТО підвищує корозійну стійкість, жаростійкість і деякі інші властивості. Особливістю ХТО є те, що у сталі відбуваються не тільки фазові перетворення, пов'язані з її нагріванням і охолодженням, але і хімічні реакції, які змінюють склад поверхневого шару деталі.

При проведенні ХТО деталь поміщають у середовище, збагачене елементами, якими передбачається насичення поверхневого шару (вуглецем, азотом, хромом, алюмінієм, кремнієм) і нагрівають до певної температури. При цьому інтенсивно відбуваються такі процеси: *дисоціація* – розпад молекул на атоми відповідного елемента; *адсорбція* – поглинання поверхневим шаром металу атомів; *дифузія* – проникнення атомів у глибину металу. Умовою цього є висока температура нагрівання і великий час витримування при ній.

Одним з найпоширеніших видів ХТО є цементація, яку застосовують для вуглецевих і легованих сталей з малим вмістом вуглецю

Національний університет
харчових технологій
та торговельної економіки

(до 0,3 %). При цьому поверхневий шар за рахунок насичення вуглецем підвищує твердість і стійкість до зношення, а серцевина залишається в'язкою.

Є два види цементації – у твердому карбюризаторі та газова.

При цементації у твердому карбюризаторі цементуючим середовищем є багатий на вуглець карбюризатор – деревне вугілля, змішане у певній пропорції з речовинами, які активізують процес дисоціації ($BaCO_3$, Na_2CO_3). Деталі завантажують у металевий ящик і нагрівають. При цьому кисень повітря взаємодіє з вуглецем карбюризатора:

$$C+O_2 \leftrightarrow CO_2 \quad (5.1)$$

$$CO_2+C \leftrightarrow 2CO \quad (5.2)$$

$$2CO \leftrightarrow CO_2+C_{атомарний} \quad (5.3)$$

Перевагою цементації у твердому карбюризаторі є те, що не потрібно спеціальне устаткування – вона може відбуватися у звичайних термічних печах. Основні недоліки – довга тривалість і низька економічність процесу. Тому у промислових умовах широко застосовують газову цементацію, коли карбюризаторами є гази – природні (метан, оксид вуглецю, бутан тощо) і штучні (продукти термічного розкладу різноманітних нафтопродуктів). Цементацію здійснюють у камерах, через які пропускається з певною швидкістю газ. При нагріванні до 900…930 ^{0}C відбуваються такі реакції:

$$CH_4=2H_2+ C_{атомарний} \quad (5.6)$$

$$2CO \leftrightarrow CO_2+C_{атомарний} \quad (5.7)$$

Після цементації для забезпечення потрібної твердості деталі піддають термічній обробці – гартуванню та низькому відпусканню.

5.2. Порядок виконання роботи

Вивчити і зарисувати структури сталі до термообробки (у стані поставки). Провести термобробку заданих марок сталей – відпалювання, нормалізацію, гартування і відпускання. Виміряти твердість кожного зразка після термообробки.

Таблиця 5.1

Протокол досліджень

№ з/п	Марка сталі	Вміст вуглецю	Вид ТО	Температура нагрівання	Середовище охолодження	Мікроструктура		Твердість	
						До ТО	після ТО	до ТО	після ТО

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Контрольні запитання

1. Для чого служить термообробка сталей? 2. Охарактеризуйте види відпалювання. 3. Для чого служить нормалізація сталей? 4. Яка мета гартування сталей? 5. Як обирають температуру нагрівання при гартуванні? 6. Що таке загартовуваність і прогартовуваність сталей? 7. Які є гартувальні середовища? 8. Для чого застосовують низьке, середнє і високе відпускання? 9. Для чого служить хіміко-термічна обробка сталей? 10. Охарактеризуйте процеси ХТО: дисоціацію, адсорбцію і дифузію? 11. Охарактеризуйте цементацію? 12. Яка технологія цементації у твердому карбюризаторі і у газовому карбюризаторі?

Лабораторна робота №6
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК НА ТОКАРНО-ГВИНТОРІЗНИХ ВЕРСТАТАХ

Мета роботи: вивчити будову та принцип роботи токарно-гвинторізного верстата; ознайомитися з пристроями, які використовуються при точінні,

Забезпечення роботи: токарно-гвинторізний верстат 1А62; набір різців: патрон трьохкулачковий; набір заготовок; вимірювальні інструменти.

6.1 Теоретичні відомості

Токарна обробка є найпоширенішим видом різання металів - у загальному парку металорізального устаткування доля токарних верстатів складає до 40 відсотків. Токарна обробка характеризується обертанням заготовки (головний рух) і поступальним переміщенням інструмента (рух подачі). Точінням обробляють зовнішні та внутрішні циліндричні та конічні поверхні, плоскі поверхні, нарізають зовнішні та внутрішні різьби.

Режими різання при токарній обробці визначаються глибиною *I,* подачею 5, швидкістю різання V.

а) глибина різання t (мм) - віддаль між оброблюваною та обробленою поверхнями, виміряна перпендикулярно до останньої:

$$t = (D - d)/2 \qquad (6.1)$$

де D - діаметр оброблюваної поверхні, *d* - діаметр обробленої поверхні;

Національний університет водного господарства та природокористування

б) подача - шлях, пройдений різальною кромкою різця відносно заготовки за один оберт (мм/об), буває поперечною S_{non} (переміщення різця перпендикулярно осі заготовки) чи поздовжньою $S_{поздо}$ (переміщення різця паралельно осі заготовки).

в) швидкість різання V (м/хв) - лінійна швидкість точки заготовки, яка знаходиться на оброблюваній поверхні на найбільшій віддалі від осі заготовки:

$$V = (\pi Dn)/1000 \qquad (6.2)$$

де n — частота обертання заготовки.

Токарно-гвинторізний верстат 1А62 призначений для обробки зовнішніх і внутрішніх циліндричних і конічних, фасонних і торцевих поверхонь, для нарізання метричних, дюймових, модульних, пітчевих і торцевих різьб. Основними його вузлами (рис.6.1) є: станина, передня бабка, в якій розміщена коробка швидкостей, шпиндель, задня бабка, коробка подач, супорт з фартухом. гітара змінних коліс.

Станина служить для встановлення на ній всіх інших вузлів верстата. На її верхній частині закріплені напрямні, по яких переміщаються каретка супорта та задня бабка.

Передня бабка нерухомо закріплена на станині і в ній розміщається коробка швидкостей, яка призначена для зміни частоти обертання *шпинделя* - головного вала, на якому за допомогою патрона, планшайбі чи центрів кріпиться оброблювана заготовка. Шпиндель мас наскрізний отвір, який використовують для розміщення довгих заготовок і видалення із шпинделя центрів.

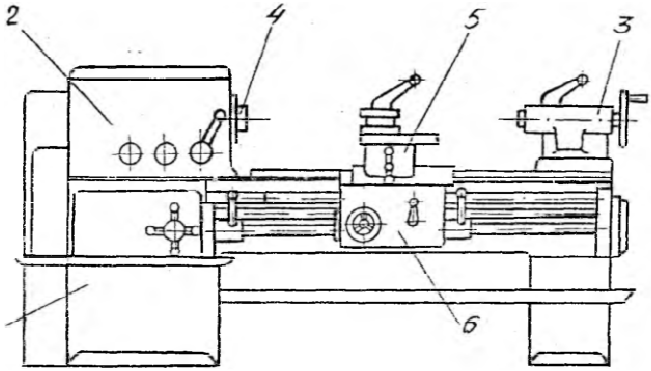

Рис. 6.1. Схема токарно-гвинторізного верстата: 1 - станина; 2 - передня бабка; 3- задня бабка; 4 - шпиндель; 5 - супорт; 6 – фартух

Національний університет водного господарства та природокористування

Задня бабка підтримує правий кінець заготовки (за допомогою центра), а також служить для закріплення осьових інструментів – свердел, зенкерів, розверток, мітчиків. Центри й інструменти встановлюють в пінолі. Задню бабку переміщають по напрямних станини і закріплюють в потрібному місці.

Коробка подач служить для отримання різних значень подач. Вона отримує рух від шпинделя верстата через механізм гітари змінних коліс. Від коробки подач рух передасться ходовому валові чи ходовому гвинту.

Супорт призначений для закріплення і подачі різального інструменту. Він складається з каретки (переміщається по напрямних станини), нижньої частини (переміщається по напрямних каретки в поперечному напрямі), поворотної та верхньої частин (служать для переміщення різця під кутом до осі заготовки). Механічний привід супорта здійснюється від фартуха через зубчасті колеса, а ручний - рукоятками.

Фартух кріпиться до нижньої частини супорта і служить для розміщення механізмів перетворення обертового руху ходового гвинта чи ходового вала в поступальний рух подачі супорта.

6.2 Порядок виконання роботи

1. Вивчити будову та принцип роботи верстата 1А62, записати його основні технічні параметри (табл.6.1).

2. Ознайомитися з інструментами та пристроями, які застосовуються.

3. Вивчити креслення деталі, встановити послідовність її обробки і вибрати рекомендовані параметри різання для всіх операцій.

4. Виконати налагодження верстата у відповідності з картою (табл. 6.2) і у встановленій послідовності виконати обробку

Таблиця 6.1

Технічна характеристика верстата 1А62

Параметр	Значення
1	3
Найбільший діаметр заготовки, мм	
Віддаль між центрами, мм	
Діапазон частот обертання шпинделя, об/хв	
Число поздовжніх і поперечних подач	

Національний університет водного господарства та природокористування

Продовження таблиці 6.1

1	2
Границі подач, мм/об, поздовжніх поперечних	
Потужність двигуна, кВт	

Таблиця 6.2

Карта налагодження токарно-гвинторізного верстата

Вид обробки	Різець	Режими різання			
		l, мм	*S, мм/об*	*V, м/хв*	*n, хв*$^{-1}$
Точіння зовнішньої циліндричної поверхні	Прохідний				
Точіння зовнішньої конічної поверхні	Прохідний				
Розточування отвору	Розточувальний				
Підрізання торця	Підрізний				
Відрізання заготовки	Відрізний				

6.3. Зміст звіту

У звіті потрібно навести назву, мету та забезпечення роботи, короткі теоретичні відомості про точіння, короткий опис, схему та технічну характеристика верстата, ескіз деталі, карту налагодження верстата для виконання заданих робіт, висновки.

Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте головний рух і рух подачі при точінні. 2. Назвіть параметри режимів різання при точінні. 3. Охарактеризуйте основні частини токарно-гвинторізного верстата і їхнє призначення. 4. Які інструменти і пристрої застосовуються при точінні?

Лабораторна робота № 7
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК НА СВЕРДЛИЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ

Мета роботи: Вивчити будову та роботу вертикально-свердлильного верстата: ознайомитися з пристроями, які використовують при свердлінні; вивчити будову спірального свердла.

Забезпечення роботи: вертикально-свердлильний верстат 2А125; набір свердел; пристрої.

7.1 Теоретичні відомості

На свердлильних верстатах виконують свердління, розсвердлювання і зенкерування отворів, розвірчування циліндричних і конічних отворів, підрізання торців, нарізування різьби мітчиками. При цьому інструмент здійснює два рухи: обертальний (головний рух) і осьовий (рух подачі).

Свердлильні верстати згідно класифікації входять у групу свердлильно-розточувальних верстатів і представлені трьома типами:

1) вертикально-свердлильні, які мають вертикальне розміщення осі шпинделя. Ці верстати поділяють на декілька типорозмірів. Наприклад, настільно-свердлильні дозволяють свердлити отвори діаметром до 16 мм, на великих вертикально-свердлильних верстатах отримують отвори діаметром до 75 мм;

2) радіально-свердлильні верстати також мають вертикальне розміщення шпинделя, але їх технологічні можливості дозволяють обробляти великогабаритні заготовки. У цих верстатах шпиндельну бабку переміщають по дузі чи радіусу до заданого положення свердла;

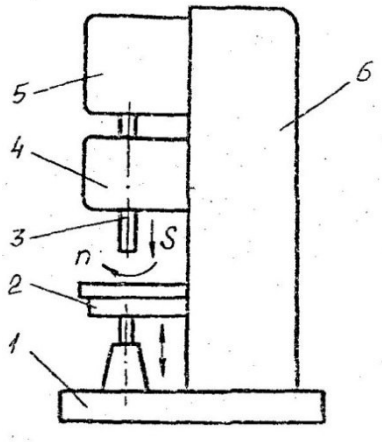

Рис. 7.1. Схема вертикально-свердлильного верстата

3) спеціальні та спеціалізовані верстати, призначені для виконання різноманітних робіт в серійному та масовому виробництві.

Широко поширені у промисловості вертикально-свердлильні верстати (рис.7.1). На фундаментній плиті 1 змонтована станина 6, на вертикальних напрямних якої встановлено стіл 2. на якому закріплюється заготовка. Стіл може переміщуватися у вертикальній площині. Інструмент закріплюється у шпинделі 3. який отримує

рух подачі від коробки подач 4 і головний рух - від коробки швидкостей, розміщеної у шпиндельній бабці 5

Свердла. Залежно від конструкції і призначення розрізняють такі типи свердл: спіральні, перові, для глибокого свердління, центрувальні, тощо.

Найбільшого поширення отримали спіральні свердла (рис.7.2.). Свердло складається з робочої частини l_1(в тому числі - різальної частини l_4), шийки l_2, хвостовика l_3 з лапкою l_5. Свердло мас дві головні різальні кромки l, утворені перетинанням передніх поверхонь 2 (гвинтові поверхні канавки 7, по яких сходить стружка) і головних задніх поверхонь 3 (поверхні, звернені до поверхні різання); поперечну різальну кромку 4, утворену перетинанням обох головних задніх поверхонь, і дві допоміжні різальні кромки 5, утворені перетинанням передньої поверхні з допоміжною задньою поверхнею леза 6. Допоміжні різальні кромки 5 беруть участь у різанні на всій заданій довжині. Стрічка 6 (вузька смужка на циліндричній поверхні, розташована вздовж гвинтової канавки), забезпечує напрям свердла при різанні. Свердло має два зуби 8 із спинками 9.

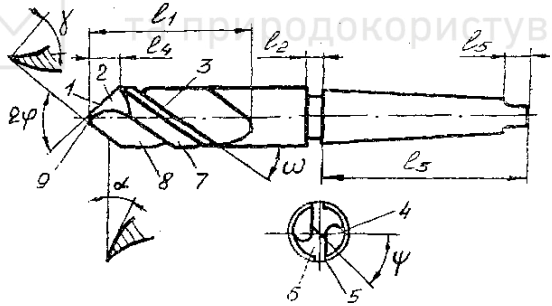

Рис. 7.2. Схема спірального свердла

До основних параметрів свердла відносять:

а) кут нахилу гвинтової канавки ω - кут між віссю свердла і дотичною до гвинтової лінії по зовнішньому діаметрі свердла (звичайно ω=18...30°);

б) кут нахилу поперечного різального леза ψ - кут між проекціями поперечної і головної різальної кромок на площину, перпендикулярну осі свердла(ψ=50...55°).

в) кут при вершині 2φ - кут між головними різальними

Національний університет водного господарства та природокористування

кромками. При свердлінні сталей середньої твердості він дорівнює 116... 120°, при свердлінні твердих сталей - 125°;

в) передній кут *у* - кут між дотичною до передньої поверхні у розглядуваній точці різальної кромки і нормаллю в тій же точці до поверхні обертання різальної кромки навколо осі свердла. Передній кут по довжині різальної кромки змінюється - в міру наближення до осі свердла передній кут зменшується, а в поперечній різальній кромці він набуває від'ємного значення;

г) задній кут леза *а* - кут між дотичною до задньої поверхні в розглядуваній точці різальної кромки і дотичної в тій же точці до траєкторії її обертання навколо осі свердла. Задній кут свердла також змінна величина: на периферії *а* =8...14°, при наближення до поперечної різальної кромки задній кут зростає до 20...26°.

Режими різання при свердлінні – це глибина *t,* подача S, швидкість різання V:

а) глибина різання t (мм) визначається видом роботи. При свердлінні в суцільному матеріалі *t=D/2;* при розсвердлюванні - *t=(D-d)/2,* де *D* - діаметр свердла, мм; *d* - діаметр отвору до розсвердлювання, мм.

б) подача S - переміщення свердла з осьовому напрямку за один оберт. Оскільки свердло має дві головні різальні кромки, то подача, яка припадає на кожну різальну кромку, $S_z=S/2$.

в) швидкість різання V (м/хв) - окружна швидкість обертання точки різальної кромки, розташованої на зовнішньому діаметрі свердла:

$$V = (\pi Dn)/1000, \qquad (7.1)$$

де *n* - частота обертання свердла, $хв^{-1}$.

7.2. Порядок виконання роботи

1. Вивчити будову та роботу верстата 2А125, записати основні його параметри (таблиця 7.1).

2. Ознайомитися з інструментами та пристроями, які застосовуються при свердлінні.

3. Вивчити креслення деталі, встановити послідовність її обробки, вибрати рекомендовані параметри різання для всіх операцій.

4. Виконати налагодження верстата у відповідності з табл. 7.1

Національний університет
водного господарства
та природокористування

і виконати обробку.

Таблиця 7.1

Технічна характеристика верстата 2АІ25

Параметр	Значення
Найбільший діаметр заготовки, мм	
Діапазон частот обертання шпинделя, об/хв	
Число частот обертання шпинделя	
Діапазон подач, мм/об.	
Число подач	
Потужність двигуна, кВт	

7.3. Зміст звіту

У звіті потрібно навести назву, мету та забезпечення роботи, короткі теоретичні відомості про свердління, опис, схему та технічну характеристику вертикально-свердлильного верстата, ескіз заготовки; таблицю налагодження верстата для виконання запланованих робіт, висновки.

Контрольні запитання

1. Вкажіть головний рух і рух подачі при свердлінні. 2. Назвіть параметри режимів різання при свердлінні. 3. Охарактеризуйте основні типи свердлильних верстатів? 4. Охарактеризуйте основні частини вертикально-свердлильного верстата і їхнє призначення. 5. Які інструменти і пристрої застосовуються при свердлінні? 6. З яких матеріалів виготовляють свердла, зенкери, розвертки?

Список рекомендованої літератури

1. Попович В.В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Підручник. / Попович В.В., Попович В.В. – Львів: Світ, 2006. – 624 с.
2. Пахаренко В.Л.. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів (металургія, ливарне виробництво): Навчальний посібник. / Пахаренко В.Л., Марчук М.М. – Рівне: НУВГП, 2009. – 179 с.
3. Попович Василь. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Навчальний посібник для вищих навчальних закладів: У 2-х кн. Книга П. / Попович Василь, Голубець Володимир – Суми: ВТД «Унівеситетська книга», 2002. – 260 с.