

**Міністерство освіти і науки України**  
**Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка**

**О.М. Царенко, С.І. Рябець**

**ПРАКТИКУМ**  
**З МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА**

Кіровоград, 2015

ББК 34.2

Л12

Царенко О.М., Рябець С.І. Практикум з матеріалознавства: навчальний посібник/ Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2015. – 88 с.

Навчальний посібник містить теоретичний та практичний матеріал для 11 лабораторних та лабораторно-практичних занять, які відповідно до Галузевого стандарту вищої освіти повинні виконати студенти напряму підготовки 6.010103 «Технологічна освіта». Дані роботи охоплюють вивчення діаграм стану металів та сплавів і Державних стандартів України щодо багатьох конструкційних матеріалів.

Навчальний посібник є виправленим і доповненим виданням, в основу якого покладено лабораторні роботи, розроблені в навчальному виданні «Практикум з матеріалознавства й технології конструкційних матеріалів» /Царенко О.М., Назаренко К. В. – рекомендований МОН України як навчальний посібник для вищих педагогічних навчальних закладів освіти (протокол №2/31 від 11.01.2001 р.)

Рецензенти:

**Вовкотруб В.П.** – доктор педагогічних наук, професор кафедри фізики та методики її викладання;

**Ткачук А.І.** – кандидат технічних наук, доцент кафедри теорії і методики технологічної підготовки, охорони праці та безпеки життєдіяльності

*Рекомендовано методичною радою Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка, протокол №4 від 17 грудня 2014 року.*

© Царенко О.М., Рябець С.І., 2014

## Зміст

МЕТОДИЧНІ ПОРАДИ ДО ВИВЧЕННЯ ТЕОРЕТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ ТА ПІДГОТОВКИ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ .....	4
ІНСТРУКЦІЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПІД ЧАС РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА .....	6
Лабораторно-практична робота № 1 ВИВЧЕННЯ ДІАГРАМ СТАНУ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ .....	10
Лабораторно-практична робота № 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ДІАГРАМИ СТАНУ Fe-Fe <sub>3</sub> C .....	15
Лабораторно-практична робота № 3 КЛАСИФІКАЦІЯ, МАРКУВАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ЧАВУНІВ .....	21
Лабораторно-практична робота № 4 ВЛАСТИВОСТІ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА МАРКУВАННЯ СТАЛЕЙ .....	27
Лабораторно-практична робота № 5 ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ СТАЛІ .....	35
Лабораторно-практична робота №6 КЛАСИФІКАЦІЯ, МАРКУВАННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ .....	41
Лабораторна робота №7 МАКРОАНАЛІЗ СТАЛЕЙ ТА ЧАВУНІВ .....	49
Лабораторна робота №8 ВИВЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРЕВИНИ .....	55
Лабораторна робота №9 ВИВЧЕННЯ ВОЛОКНИСТОГО СКЛАДУ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ .....	60
Лабораторна робота № 10 ВИВЧЕННЯ ШТУЧНИХ ТА СИНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ .....	70
Лабораторна робота №11 КЛАСИФІКАЦІЯ, МАРКУВАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ДЕРЕВИННИХ МАТЕРІАЛІВ .....	77

## **МЕТОДИЧНІ ПОРАДИ ДО ВИВЧЕННЯ ТЕОРЕТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ ТА ПІДГОТОВКИ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

Дисципліна «Матеріалознавство» є першим розділом блоку «Виробництво та обробка конструкційних матеріалів» з циклу «Професійної та практичної підготовки», яка є профільною для підготовки вчителя напряму 6.010103 «Технологічна освіта».

Програмою передбачено значний обсяг теоретичного матеріалу, який повинен бути засвоєний за рахунок різних видів навчальних занять: під час лекцій, лабораторно-практичних та лабораторних робіт, а також самостійним опрацюванням.

У лекційному курсі передбачається одержати знання про основні закономірності, що визначають будову та властивості металів, їхніх сплавів та полімерних матеріалів, основні методи їх одержання, особливості класифікації та застосування у промисловості.

Лабораторно-практичні заняття мають на меті засвоєння студентами принципів побудови діаграм стану сплавів, вивчення класифікацій та особливостей застосування різних конструкційних матеріалів, ознайомлення з державними стандартами, а також вивчення будови та принципів роботи ряду приладів та обладнання, яке буде використано при виконанні лабораторних робіт.

За допомогою лабораторних занять студенти знайомляться з практичним застосуванням основних методів дослідження будови й властивостей металів, інших конструкційних матеріалів, з використанням сучасних методів їх дослідження. Лабораторні роботи сприяють поглибленню теоретичних знань, оволодінню основними сучасними методами дослідження фізико-технологічних властивостей конструкційних матеріалів, здобуттю навичок експериментування із використанням сучасних вимірювальних приладів та апаратури. Виконання лабораторних робіт не потребує попереднього лекційного роз'яснення.

Студент повинен старанно готуватись до виконання лабораторних робіт: ознайомитись із «Теоретичними відомостями», поданими в описі лабораторної роботи. Теоретичні відомості в описах, зазвичай, викладено стисло, тому для глибшого вивчення деяких теоретичних питань необхідно опрацювати рекомендовану літературу. Підготовку до виконання чергової лабораторної роботи доцільно здійснювати в лабораторії, оскільки вивчення приладів та самої уста-

новки вимагає попередньої практичної роботи з ними під контролем завідувача лабораторією. Потрібно ще до початку занять виробити практичні навички роботи з приладами, вміти налаштовувати їх до роботи, здійснювати необхідні вимірювання.

Без попередньої підготовки студент не допускається до виконання лабораторної роботи. Допуск студента до виконання лабораторної роботи здійснює викладач та завідувач лабораторії, вони ж відповідають і за техніку безпеки в лабораторії.

*Виконуючи кожну лабораторну роботу, студент повинен пам'ятати, що легковажність, неохайність в користуванні з приладами та матеріалами може призвести до нещасних випадків, пошкоджень вимірювальних приладів, виникненню пожеж, каліцтву тощо.*

До кожного наступного заняття студент повинен підготувати бланк звіту до лабораторної роботи, яку він буде виконувати, в якому вказати:

### **ФОРМА ЗВІТУ**

*Прізвище, ім'я, група*

*Номер та назва лабораторно-практичного заняття*

*Мета:*

*Матеріально-технічне забезпечення робочого місця:*

### **ХІД РОБОТИ**

*Виконання завдань.*

*1.*

*2.*

*3...*

*Відповіді на контрольні запитання*

*1.*

*2....*

У бланку звіту повинні бути накреслені таблиці експериментальних спостережень, які студент заповнює під час виконання лабораторної роботи.

Бланк звіту студент здає та захищає отримані результати під час контрольно-узагальнюючих занять.

# ІНСТРУКЦІЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПІД ЧАС РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА

## 1. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ БЕЗПЕКИ

- 1.1. До виконання лабораторних робіт в лабораторії матеріалознавства допускаються особи, які пройшли інструктаж на робочому місці та засвоїли правила техніки безпеки.
- 1.2. Заняття в лабораторії проводяться в дні та години згідно розкладу.
- 1.3. Вхід у лабораторію у верхньому одязі забороняється.
- 1.4. Студенти виконують роботи в лабораторії в індивідуальному порядку визначеному графіком виконання робіт.
- 1.5. Кожний студент повинен заздалегідь готуватись до виконання завдання за вказаною до кожної роботи літературою. Особи, що не підготували завдання, до занять не допускаються і вважаються відсутніми.

## 2. ПЕРЕД ПОЧАТКОМ РОБОТИ

- 2.1. Оглянути робоче місце. При виявленні предметів, речей, що не входять до обладнання даної лабораторної роботи, повідомити про це керівника занять чи завідувача лабораторією.
- 2.2. Оглянути загальний стан обладнання, перевірити справність електропроводників, штепсельних вилок, розеток, наявність занулення чи заземлення.
- 2.3. Перед початком роботи кожний студент повинен уважно ознайомитись з приладами і установками, необхідними для виконання цієї роботи, визначити призначення кожного приладу.
- 2.4. Перевірити справність витяжної шафи та вентиляції.
- 2.5. При роботі з хімічними реактивами одягнути засоби індивідуального захисту (гумові рукавиці).
- 2.6. Усі роботи з хімічними реактивами проводяться лише у витяжній шафі.

### **ПАМ'ЯТАЙТЕ:**

- 2.7. Подання струму до робочих місць через загальний рубильник і вимикання його після закінчення робіт виконує лише завідувач лабораторією.
- 2.8. Вмикати установки дозволяється лише з дозволу викладача чи завідувача лабораторією.
- 2.9. Не можна торкатись до неізольованих частин електричної установки, яка перебуває під напругою.

2.10. Пам'ятайте, що в лабораторії змінний струм має напругу 220 В, а НАПРУГА, БІЛЬША ЗА 42 В ЗМІННОГО СТРУМУ НЕБЕЗПЕЧНА ДЛЯ ЖИТТЯ ЛЮДИНИ !

### **3. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ**

3.1. Забороняється брати устаткування чи прилади з сусідніх робочих місць без спеціального дозволу.

3.2. Забороняється під час роботи відходити від приладів і установок, що знаходяться під напругою.

3.3. Якщо під час роботи виявлено несправність обладнання, то про це слід негайно попередити керівника або завідувача лабораторією.

3.4. Необхідно бути особливо обережними при виконанні лабораторних робіт з установками, що містять скляний посуд та при роботі з нагрівними приладами (електроплитка, сушильна шафа, муфельна піч). Після нагрівання відпалені деталі слід брати лише щипцями або після їх повного охолодження.

3.5. При роботі з машинним обладнанням забороняється торкатись рухомих частин руками, одягом чи іншими предметами.

3.6. При виконанні робіт з гідравлічним пресом забороняється проводити дослідження при тисках, більших  $150 \text{ кгс/см}^2$ . Категорично забороняється робота з гідравлічним пресом у випадку несправності манометра, а також дослідження з крихкими матеріалами.

3.7. При нагріванні хімічних речовин слід використовувати лише термостійкий скляний тонкостінний посуд.

3.8. Проводячи макро- та мікроаналіз шліфів, слід суворо дотримуватись усіх правил безпеки для роботи з отруйними та шкідливими речовинами:

- травлення шліфів проводити тільки у витяжній шафі, захищаючи шкіру рук гумовими рукавичками;
- шліфи слід брати лише пінцетом;
- під час нагрівання будь-яких хімічних реактивів не можна заглядати згори в посудину для запобігання травм внаслідок розбризкування нагрітої рідини;
- при випадковому попаданні кислих розчинів на шкіру рук – негайно змити їх великою кількістю води та обробити розчином соди;
- відпрацьовані кислоти слід збирати окремо в спеціально призначений посуд і зливати в каналізацію лише після їх попередньої нейтралізації (здійснює тільки завідувач лабораторією).

#### **4. ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ**

4.1. Завершивши дослідження, вимкніть електрообладнання, перекрийте крани на водогоні. Вимийте руки з милом, якщо ви працювали з хімічними реактивами.

4.2. Після закінчення вимірювань кожний студент повинен подати викладачеві таблиці спостережень з контрольними підрахунками і одержати від нього попередню оцінку одержаних результатів. Якщо одержані результати неправильні дослідження слід повторити.

4.3. Після завершення роботи наводиться порядок на робочому місці відповідно до вказівок викладача чи завідувача лабораторією.

4.4. До початку наступного заняття кожний студент повинен подати звіт про виконану роботу.

#### **5. ДІЇ В АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

5.1. У випадку аварійної ситуації негайно повідомити керівника заняття чи завідувача лабораторією та виконати наступні дії:

- у разі відключення електроенергії – негайно вимкнути все електрообладнання;
- у разі травмування – надати потерпілому першу долікарську допомогу та викликати швидку медичну допомогу;
- при виявленні ознак горіння (дим, запах гару), вимкнути апаратуру, при необхідності застосувати засоби пожежогасіння та викликати пожежну команду;
- у випадку ураження струмом – негайно вимкнути вимикач на головному розподільчому щиті для звільнення потерпілого від дії електричного струму, повідомити керівника та організувати долікарську допомогу, одночасно викликати швидку медичну допомогу.

5.2. Про кожний нещасний випадок, що стався зі студентом або працівником, негайно повідомити ректора, службу охорони праці чи уповноважену особу університету і вжити заходів щодо надання необхідної медичної допомоги.

#### **6. НАДАННЯ ПЕРШОЇ (ДОЛІКАРСЬКОЇ) МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ ПОТЕРПЛИМ**

6.1. Перша допомога при опіках. Під час роботи в лабораторії матеріалознавства найбільш ймовірними є термічні та хімічні опіки.

6.1.1. При термічних опіках першого ступеня уражене місце обробляють етиловим спиртом, після чого накладають суху стерильну пов'язку або чисту тканину і звертаються до дерматолога. Ні в якому разі не можна проколювати пухир, змочувати місця опіків водою, припікати їх розчином перманганату калію, бриліантової



зелені, розчином йоду, застосовувати «народні засоби», різні олії, вазелін, бо вони тільки підсилюють опіки, сповільнюють загоєння ран. При важких опіках необхідно негайно відправити потерпілого до лікувального закладу.

6.1.2. У разі хімічних опіків розчинами кислот уражену ділянку шкіри треба промити великою кількістю прохолодної води протягом 15-20 хв. (забороняється обробляти обпечені місця ватним тампоном); потім промивають 2% розчином питної соди, ополіскують водою та накладають марлеву пов'язку з риванолом або фурациліном.

6.2. Перша допомога при пораненні.

6.2.1. Той, хто надає допомогу при пораненні, повинен помити руки, а якщо це неможливо – змазати пальці йодною настоянкою. Доторкатися до рани навіть вимитими руками не дозволяється. Не дозволяється обмивати рану водою.

6.2.2 При незначних порізах рану обробляють йодною настоянкою і накладають марлеву пов'язку, яка захищає від мікробів і сприяє швидкому зсіданню крові.

6.2.3. При пораненні склом або іншим предметом рану промивають великою кількістю дистильованої води або тампоном, змоченим етиловим спиртом (етанолом); виймають скалки і знову промивають рану спиртом. Якщо рана забруднена, бруд видаляється лише навкруги, але ні в якому разі не з глибинних шарів рани. Шкіру навколо рани обробляють йодною настоянкою або розчином бриліантової зелені, перев'язують і звертаються в медпункт.

6.2.4. При серйозному порізі й сильній кровотечі необхідно накласти джгут вище рани, покрити рану стерильною марлею і негайно викликати лікаря.

6.3. Перша допомога при ураженні електричним струмом.

6.3.1. При ураженні електричним струмом необхідно негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електроустановку від джерела живлення, а при неможливості відключення – відтягнути його від струмопровідних частин за одяг або застосувавши підручний ізоляційний матеріал.

6.3.2. При відсутності у потерпілого дихання і пульсу необхідно робити йому штучне дихання і непрямий (зовнішній) масаж серця, звернувши увагу на зіниці. Розширені зіниці свідчать про різке погіршення кровообігу мозку. При такому стані необхідно негайно починати оживлення та викликати швидку медичну допомогу.

## ВИВЧЕННЯ ДІАГРАМ СТАНУ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

**Мета:** Навчитись читати діаграми стану сплавів. Дослідити деякі діаграми стану на характерні лінії та критичні точки.

**Матеріально-технічне оснащення робочого місця:** Діаграми стану (видає викладач), лінійка з міліметровою шкалою, олівець, гумка, калькулятор.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Однією з особливостей кристалічних речовин є те, що їх перехід із твердого стану в рідкий відбувається з поглинанням теплоти, а перехід із рідкого в твердий, навпаки, з виділенням теплоти. Тому, визначаючи через рівні проміжки часу зміну температури металу та будуючи залежність температури від часу, одержують криву типу (рис.1.1, б) з характерною горизонтальною ділянкою, на відміну від аморфного тіла, де аналогічна крива її не має (рис.1.1, а).

Температура, яка відповідає горизонтальній ділянці на кривій охолодження, називається *температурою кристалізації*. Для чистих металів температура кристалізації точно дорівнює *температурі плавлення*. Вище цієї температури метал перебуває у рідкому стані, нижче – в твердому. Перехід металу з рідкого стану у твердий називається *первинною кристалізацією*.

Деякі метали можуть мати і вторинну кристалізацію, тобто володіють *алотропними перетвореннями* – це зміна типу кристалічної решітки при певній температурі, що наприклад, спостерігається для заліза (рис. 1.2). Умовно

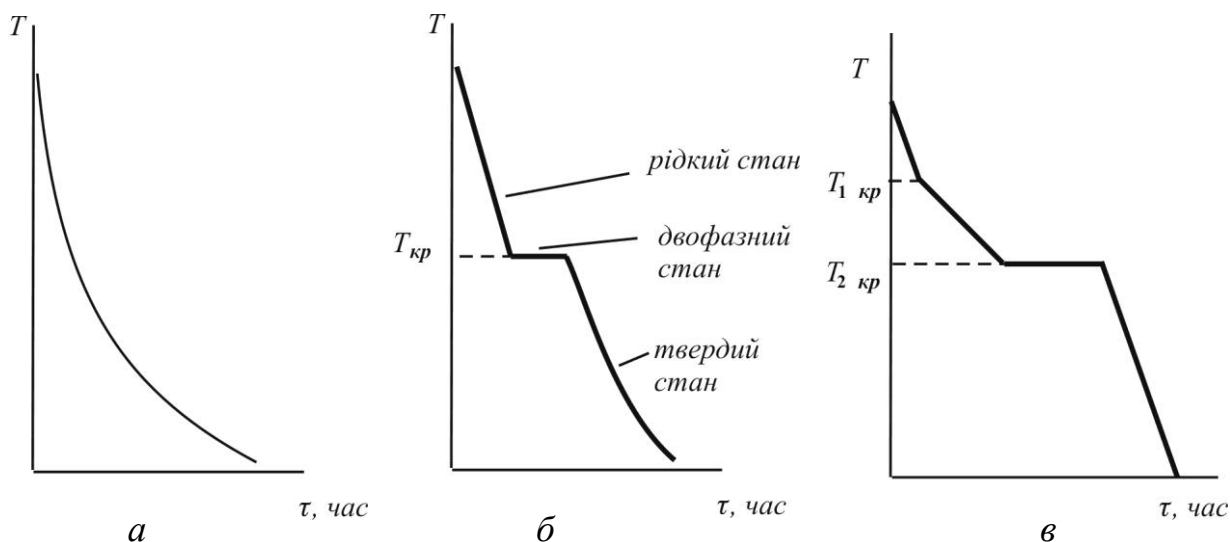


Рис. 1.1.Криві охолодження аморфних (а) і кристалічних (б) речовин та сплавів (в).

такі різні за типом решітки твердої фази металів позначають  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  тощо.

Сплави металів при кристалізації мають дещо специфічні властивості порівняно з чистими металами. При первинній кристалізації сплавів їх компоненти можуть утворювати:

- > тверді розчини – це сплави, в яких атоми розчиненого компонента розміщуються в кристалічній решітці компонента розчинника;
- > хімічні сполуки – це сполуки, які утворюють нові кристалічні решітки та мають відмінні від чистих металів властивості;
- > механічні суміші – утворюються в тих випадках, коли компоненти, що сплаваються, не утворюють сполуки перших двох типів (під мікроскопом видно кристали обох компонентів).

Відмінність сплавів від чистих металів полягає у тому, що кристалізація сплавів переважно відбувається в інтервалі температур, а не при сталій температурі (рис.1.1, в). На даному рисунку:  $T_{н.кр}$  – температура початку кристалізації, а  $T_{к.кр}$  – температура кінця кристалізації. Ці температури називають *критичними*. Побудувавши такі криві для сплавів з різною концентрацією компонентів для певної системи, зображують діаграму стану даного сплаву. *Діаграма стану* в умовах рівноваги показує фазовий склад сплаву залежно від температури й концентрації та дає змогу якісно оцінити значну кількість фізико-хімічних,

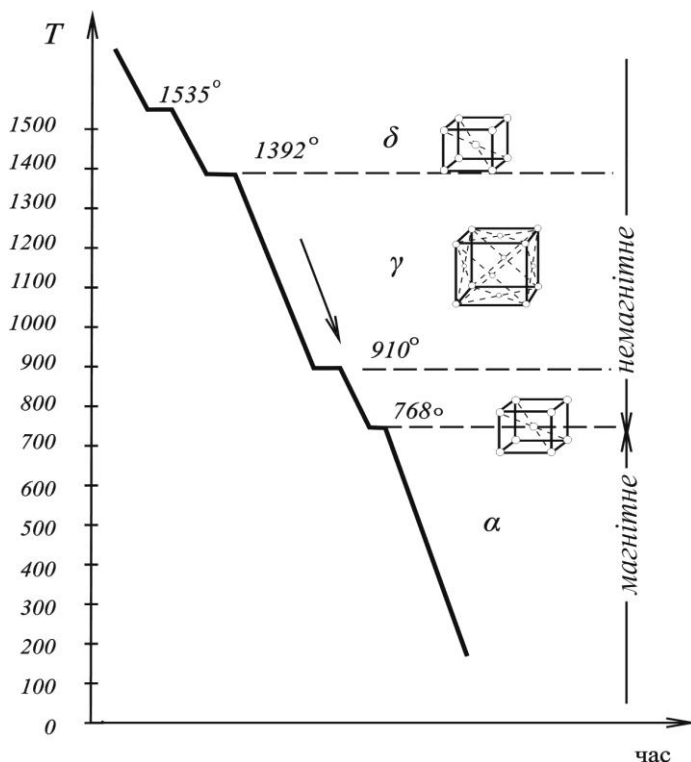


Рис. 1.2. . Крива охолодження заліза

технологічних і механічних характеристик сплаву.

Розглянемо принцип побудови діаграми стану сплаву умовної двоконпонентної системи  $A-B$ , компоненти якої утворюють необмежені тверді розчини (рис. 1.3). Для цього експериментально визначають критичні точки для чистих компонентів  $A$  та  $B$  та для декількох типів сумішей цих компонентів, наприклад: сплав 1 – 70%  $A$  + 30%  $B$  ( $A_{0,7}B_{0,3}$ ); сплав 2 – 50%  $A$  +

50% B ( $A_{0,5}B_{0,5}$ ); та сплав 3 – 35% A + 65% B ( $A_{0,35}B_{0,65}$ ). Якщо знайдені критичні точки перенести на діаграму, де вздовж осі абсцис нанесено склад сплаву, а вздовж осі ординат – температуру, а потім однойменні критичні точки (тобто ті, що відображують однаковий фізичний процес – початок кристалізації чи кінець кристалізації), металів, що мають алотропні сплави, перетворення з'єднати плавними кривими, то й одержимо діаграму сплаву A–B.

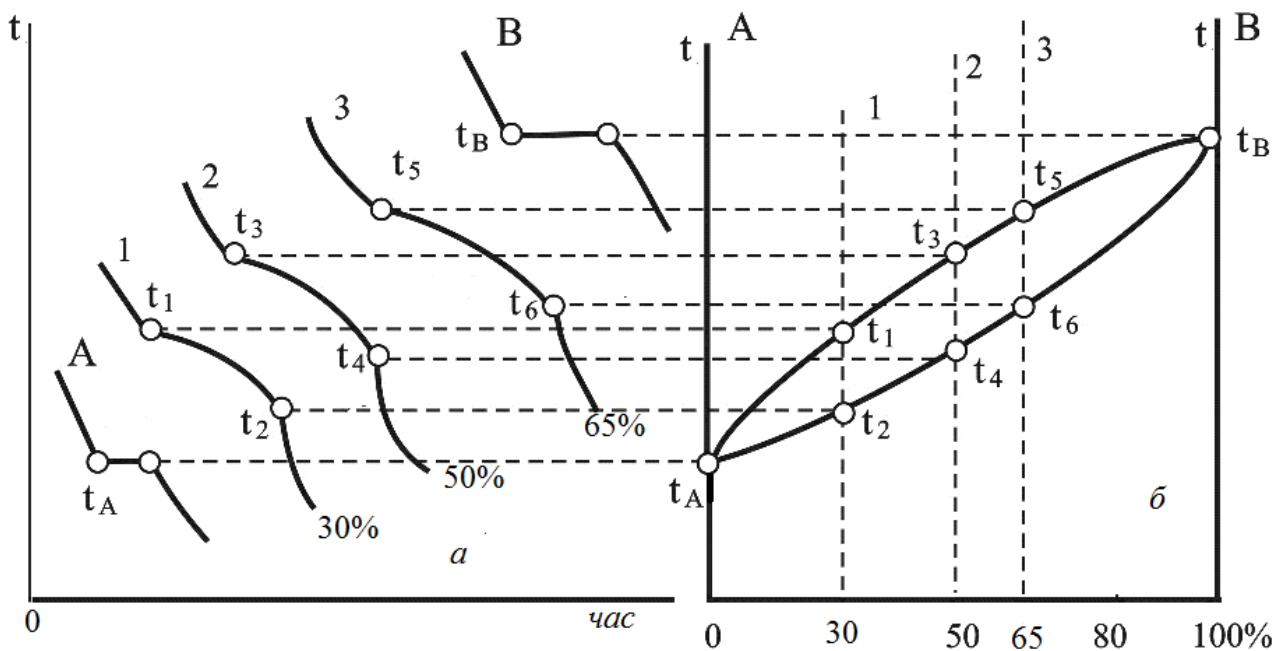


Рис. 1.3. Принцип побудови діаграми стану двокомпонентної системи A–B.

Характерні лінії будь-якої діаграми стану – це *лінія ліквідус*, яка відділяє рідку фазу даного сплаву від двофазної системи тверде–рідке та *лінія солідус* – яка відділяє тверду фазу сплаву від того ж двофазного стану. На умовній діаграмі стану системи A–B лінія  $t_{A1}t_3t_5t_B$  – лінія ліквідус, а  $t_{A2}t_4t_6t_B$  – лінія солідус. Такі діаграми стану характерні для сплавів, що утворюють необмежені тверді розчини, тобто елементи A та B розчиняються один у другому за будь-яких концентрацій. Такими, наприклад, є сплави *In-Sn*, *Ag-Au*, *Bi-Sn* тощо.

Однак повна розчинність компонентів на практиці зустрічається не часто. Більшість же сплавів або утворюють обмежені тверді розчини, як наприклад, *Ag-Cu*, *Co-Si*, *Mg-Al* та інші, або утворюють хімічні сполуки, як наприклад, *Mg-Sn*, *Ti-Al*, *Ti-Cr* тощо (рис.1.4).

Як чисті метали, так і сплави можуть мати вторинну кристалізацію, що теж відображується на діаграмі стану. Для вторинної кристалізації характерні лінії – *ліквідуса вторинної кристалізації* та *солідуса вторинної кристалізації* –

вздовж яких відповідно розпочинається або закінчується процес вторинної кристалізації. Під вторинною кристалізацією розуміють алотропне перетворення в твердій фазі. Деякі діаграми стану мають точку перетину ліній ліквідуса

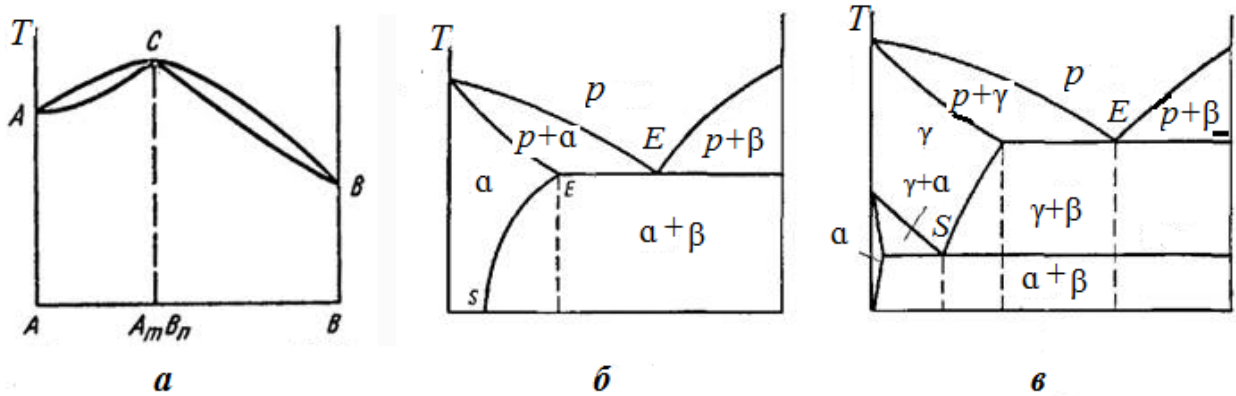


Рис. 1.4. Приклади діаграм стану: **a** – з максимумом ліній ліквідуса та солідуса, які співпадають; **б** – з обмеженою розчинністю компонентів в твердому стані; **в** – з алотропними перетвореннями.

са та солідуса або ліквідуса вторинної кристалізації та солідуса вторинної кристалізації. Вони відповідно називаються точками *евтектики* (*E* на рис.1.4, **б**, **в**) та *евтектоїда* (*S* на рис.1.4, **в**) даного сплаву. *Евтектика* – це суміш компонентів даної системи, які плавляться при найнижчій температурі, характерній для даного сплаву. *Евтектика* – це рідка система, яка при певних тискові та температурі перебуває у рівновазі з твердою фазою. Кристалізація евтектики відбувається при сталій температурі, як і кристалізація чистих металів, внаслідок чого утворюється *тверда евтектика* – механічна суміш твердих фаз того ж складу.

*Вторинна евтектика або евтектоїд* – це аналогічна до евтектики складова сплавів, яка утворюється не з рідкої, а із твердої фази.

Для прикладу розглянемо особливості реальної діаграми бінарного сплаву *Pb-Sn*. Як бачимо, лінія *AEC* – це ліквідус, а *ABEBC* – солідус даної системи. Між даними лініями співіснують у рівновазі рідка та тверда фази, відповідно  $p+\alpha$  та  $p+\beta$ . Точка *E* – це евтектика, в якій в рівновазі перебувають  $\alpha+\beta$ -фази. Евтектичний сплав має склад  $Pb_{0,38}Sn_{0,62}$ . Лівіше від евтектики кількість  $\alpha$ -фази зростає, а  $\beta$ -фази – зменшується, а правіше від неї – навпаки. Лінія *ABD* – обмежує область однофазного складу  $\alpha$ , а лінія *CK* – область однофазного складу  $\beta$ .

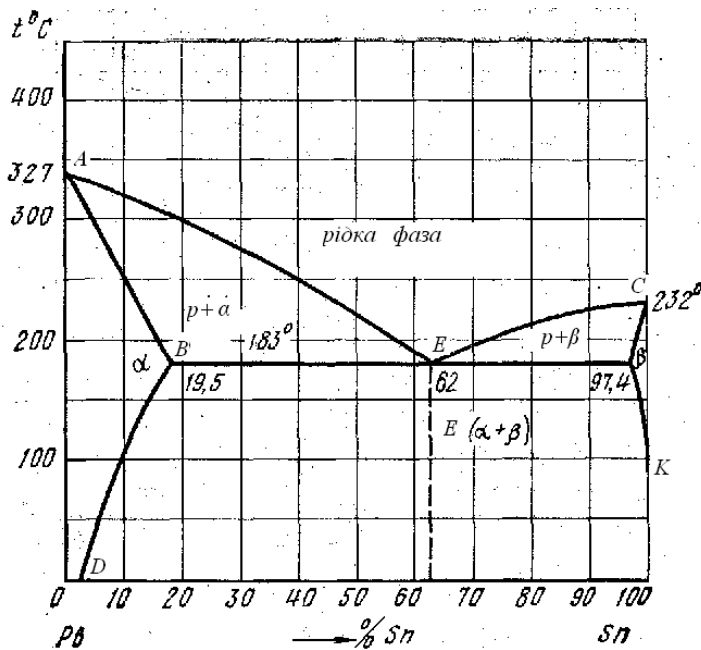


Рис. 1.5. Діаграма стану системи  $Pb-Sn$ .

Реальна діаграма стану дозволяє для даної температури та концентрації компонентів встановити фазовий і кількісний склад сплаву, що й пропонується у даній роботі зробити самостійно для діаграм, виданих викладачем.

### ХІД РОБОТИ

1. Уважно вивчіть діаграми стану, запропоновані викладачем. Знайдіть лінії ліквідуса та солідуса; лінії, що характеризують вторинну кристалізацію

даних розчинів та точки евтектики і евтектоїда.

2. Опишіть дані лінії у звіті відповідно до позначень на діаграмах.
3. Визначте ціну поділки на температурній та концентраційній лініях.
4. Розв'яжіть задачі, запропоновані до даних діаграм стану, оформивши їх розв'язок у звіті до лабораторної роботи.
5. Дайте письмові відповіді на контрольні запитання.

### КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що розуміють під діаграмою стану?
2. У яких координатах будується діаграма стану?
3. Які лінії діаграм стану називають ліквідусом?
4. Що таке солідус?
5. Що розуміють під сплавом?
6. Чому на кривих охолодження (нагрівання) чистих металів спостерігаються температурні зупинки (горизонтальні лінії)?
7. Який вигляд мають криві охолодження (нагрівання) сплавів з необмеженою розчинністю компонентів?
8. Який вигляд мають криві охолодження (нагрівання) сплавів з поліморфними перетвореннями?
9. Що таке евтектика?
10. Яке явище відбувається у точці вторинної евтектики?

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДІАГРАМИ СТАНУ Fe-Fe<sub>3</sub>C

**Мета:** Вивчити діаграму стану Fe-Fe<sub>3</sub>C, дослідивши її характерні лінії, критичні точки та точки евтектик.

**Матеріально-технічне оснащення робочого місця:** Діаграма стану Fe-Fe<sub>3</sub>C (видає викладач), лінійка з міліметровою шкалою, олівець, гумка, калькулятор.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

**Ферум (залізо) (Fe)** – метал сріблясто-білого кольору, атомний номер 26, атомна маса 55,85, температура плавлення 1539°C. Відомі дві поліморфні модифікації заліза:  $\alpha$ -Fe, яка існує при температурах нижче 911°C та вище 1392 C;  $\gamma$ -Fe існує в діапазоні 911–1392°C. Кристалічна решітка  $\alpha$ -Fe – об'ємноцентрований куб,  $\gamma$ -Fe – гранецентрований куб. Для інтервалу температур 1392–1539°C  $\alpha$ -Fe називають ще  $\delta$ -Fe.

**Карбон (вуглець)(C)** – неметал, атомний номер 6, атомна маса 12,011, температура плавлення 3500°C. Карбон – поліморфний: може існувати у вигляді модифікацій аморфного вуглецю, алмазу, графіту, графену тощо.

Сплави Феруму й Карбону (залізо-вуглецеві сплави) залежно від вмісту Карбону поділяються на дві великі групи: *сталі* із вмістом карбону до 2,14% та *чавуни*, що містять карбону понад 2,14%. Сплави Ферум–Карбон із вмістом карбону більше 6,67% не мають практичного застосування.

Властивості залізовуглецевих сплавів визначаються властивостями структурних складових: фериту, перліту, аустеніту, ледебуриту, цементиту та графіту:

➤ *ферит* – твердий розчин Карбону в  $\alpha$ -Fe із максимальним вмістом карбону 0,02% при температурах до 727 °C; він м'який, пластичний, магнітний до 768°C;

➤ *аустеніт* – твердий розчин Карбону в  $\gamma$ -Fe із максимальним вмістом карбону 2,14% (при 1147 °C), немагнітний, м'який і пластичний;

➤ *цементит* – хімічна сполука Феруму з Карбоном Fe<sub>3</sub>C, температура плавлення знаходиться в широких межах 1250–1600°C залежно від складу, дуже твердий і крихкий;

➤ *перліт* – суміш кристалів цементиту й фериту, який утворюється внаслідок розпаду аустеніту при вторинній кристалізації, вміст карбону в ньому – 0,8% (вторинна евтектика або евтектоїд);

➤ *ледебурит* – це евтектика, суміш аустеніту та цементиту, яка утворюється при концентрації карбону 4,3% в діапазоні температур 1147–727°C (нижче 727°C аустеніт переходить у перліт), твердий і крихкий;

Карбон, який входить до складу залізвуглецевого сплаву, може при високих температурах утворювати із Ферумом сполуку  $Fe_3C$  – цементит або виділятися із рідкої фази в процесі кристалізації у вигляді стабільної фази – графіту.

Діаграма стану залізо-цементит відображає метастабільну рівновагу фаз (рис. 2.1). Точка **A** відповідає температурі плавлення чистого Феруму, а точка **D** – температурі плавлення цементиту. Таким чином, лінія **ACD** відповідає температурам плавлення сплавів  $Fe-Fe_3C$  з концентрацією Карбону від 0 до 6,67%. Ця лінія називається лінією *ліквідус*. Кінець тверднення сплавів проходить через температури, відкладені уздовж лінії **AECF** – це лінія *солідус*. Уздовж цієї лінії завершується процес первинної кристалізації залізвуглецевих сплавів. Точка **E**

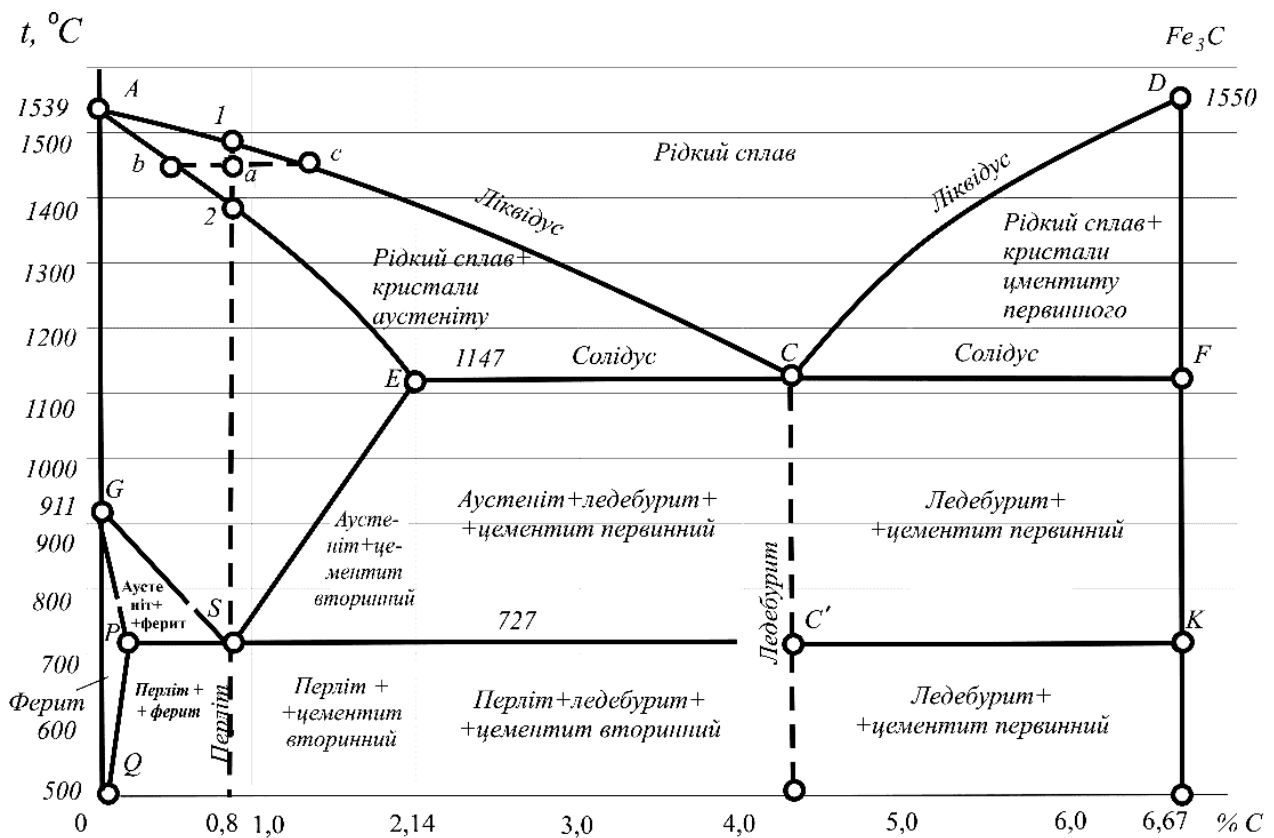


Рис. 2.1. Спрощений вигляд діаграми стану  $Fe - Fe_3C$ .

відповідає максимальній розчинності Карбону в  $\gamma-Fe$  (2,14%) при температурі 1147°C. Зі зміною концентрації Карбону в сплаві при температурах, що відповідають ділянці **AC** лінії ліквідус, із рідкого розчину кристалізується аустеніт, а при температурах, що відповідають ділянці **CD** – цементит, який називається пе-



рвинним. Точка **C** називається *евтектикою*, в ній при концентрації Карбону 4,3% із рідкого розплаву одночасно кристалізується суміш аустеніту та первинного цементиту. Така суміш називається *ледебуритом*.

Усі залізовуглецеві сплави, які внаслідок первинної кристалізації мають структуру аустеніту й концентрацію Карбону не більше 2,14% називаються *сталями*, ті ж сплави, котрі мають ледебуритну структуру й містять більше 2,14% Карбону, називаються *чавунами*.

Після первинної кристалізації, тобто нижче лінії **AECF**, у залізовуглецевих сплавах з пониженням температури відбуваються структурні перетворення. Перетворення в твердому стані характеризують лінії **GS**, **SE**, **PSK**, **PG**. Точка **G** відповідає поліморфному перетворенню  $\gamma\text{-Fe}$  в  $\alpha\text{-Fe}$  при температурі 911°C. Точка **S** при температурі 727°C та концентрації Карбону 0,8% показує мінімальну температуру рівноважного існування аустеніту, нижче якої відбувається розпад аустеніту з одночасним виділенням фериту й цементиту – утворюється евтектоїдна суміш, яка називається *перлітом*.

Точка **P** характеризує максимальну розчинність Карбону в  $\alpha$ -залізі при 727°C, яка не перевищує 0,02%. Точка **G** є граничною, оскільки всі сплави, що лежать лівіше, складаються тільки з фериту й називаються технічним залізом.

Залізовуглецеві сплави, що мають концентрацію Карбону до 0,8%, називаються *доевтектоїдними сталями*. У своїй структурі ці сталі містять тільки ферит і перліт. Чисто перлітний залізо-вуглецевий сплав, в якому концентрація Карбону дорівнює 0,8%, називається *евтектоїдною сталлю*. Перлітно-цементитний залізо-вуглецевий сплав з концентрацією Карбону більше 0,8% та менше 2,14% називається *заевтектоїдною сталлю*. Цементит, який утворюється в заевтектоїдних сталях внаслідок вторинної кристалізації, називається *вторинним цементитом*.

Подібно, до сталей чавуни, які містять Карбону більше 2,14%, але менше 4,3% називаються *доевтектичними*. При їхній кристалізації з рідкої фази спочатку утворюються кристали аустеніту, оскільки в надлишку залізо, а під кінець утворюється евтектика – ледебурит. Отже, кінцева структура: аустеніт+ледебурит. *Заевтектичні чавуни* з концентрацією Карбону більше 4,3%, (але менше 6,67%) утворюють при кристалізації спочатку кристали цементиту, оскільки в надлишку Карбон, а в кінці утворюється евтектика – ледебурит, тобто, кінцева структура заевтектичних чавунів: цементит+ледебурит.

Евтектичні чавуни кристалізуються при температурі 1147°C, утворюючи суміш аустеніт+цементит, тобто ледебурит. З пониженням до 727°C аустеніт зазнає евтектичного розпаду з виділенням фериту й цементиту, які утворюють перліт. Отже, евтектичний чавун при температурах нижчих 727°C складається з перліту й цементиту (ледебуриту). Залежно від швидкості охолодження ледебурит може мати стільникову (при повільному охолодженні) чи пластинчасту (при швидкому охолодженні) будову.

Діаграма стану дозволяє встановити співвідношення концентрацій рідини та твердої фази при кристалізації твердого розчину. Проаналізуємо, для прикладу кристалізацію залізо-вуглецевого сплаву з концентрацією Карбону 0,8%. Кристалізація сплаву почнеться за температури, яка відповідає точці **1**, коли з нього почнуть виділятися кристали  $\gamma$ -твердого розчину *Fe*, кількість яких вздовж лінії **1-2** буде неперервно збільшуватись. Під час процесу кристалізації, концентрація рідини визначається вздовж лінії **AC**, а концентрація твердої фази – вздовж лінії **AE**.

Концентрація компонентів у фазах та їхня кількість визначається *правилом відрізків*. Так, в точці **a**, що лежить в області існування рідкої та твердої фаз, концентрація рідини визначається проекцією точки **c**, а твердої фази – проекцією точки **b** на вісь концентрації. Отже, кількість аустеніту визначиться відношенням відрізків  $ac/bc \cdot 100\%$ , а кількість рідкої фази – відношенням відрізків  $ba/bc \cdot 100\%$ .

У точці **2**, де кількість рідкої фази дорівнює нулю, процес кристалізації закінчується і утворюється однорідний твердий розчин аустеніту. Тому, нижче температури, яка відповідає точці **2**, сплав буде складатися з однієї фази – аустеніту. Подальше зниження температури сприяє ущільненню решітки та зменшенню її розмірів. Фазовий склад залишається незмінним до точки **S**. При температурі, що відповідає точці **S**, почнеться евтектоїдний розпад аустеніту з утворенням фериту і цементиту. Причому, перекристалізація відбувається при постійній температурі внаслідок виділення внутрішньої енергії. Під час перетворення аустеніт-фериту виділяється вуглець (тому гранична розчинність карбону в фериті 0,02%) і накопичується в межах кристалів. При накопиченні вуглецю 6,67% утворюється хімічна сполука цементит. Нижче температури, що відповідає точці **S**, сплав буде складатися з феритно-цементитної механічної суміші (перліт). За умови подальшого зниження температури сплаву, здат-

ність до розчинення карбону в фериті буде зменшуватися, а це призведе до подальшого виділення вуглецю і утворення цементиту.

Усі розглянуті структурні перетворення оборотні, тобто при збільшенні температури будуть проходити у зворотному напрямку.

### ХІД РОБОТИ

1. Уважно вивчіть реальну діаграму стану  $Fe-Fe_3C$  (видає викладач). Знайдіть лінії ліквідуса та солідуса; лінії, що характеризують вторинну кристалізацію даних розчинів та точки евтектики і евтектоїду.
2. Опишіть дані лінії у звіті відповідно до позначень на діаграмі.
3. Визначте ціну поділки на температурній та концентраційній лініях.
4. Розв'яжіть наступні задачі, оформивши їх розв'язок у звіті до лабораторної роботи:

**Задача 1.** Знайдіть температури початку та кінця плавлення залізовуглецевого сплаву при концентраціях Карбону **А)** 1,5%; **Б)** 1,7%; **В)** 1,8%; **Г)** 1,4%.(варіант вкаже викладач).

**Задача 2.** Знайдіть концентрації залізовуглецевих сплавів, які:

**А)** починають плавитись та завершують плавитись при температурі 1200°C;

**Б)** починають кристалізуватись при температурі 1300°C;

**В)** зазнають розпаду аустеніту при 850°C. (варіант вкаже викладач).

**Задача 3. А)** Для точки, що відповідає температурі 1350°C та концентрації Карбону 1,5% знайдіть співвідношення рідкої та твердої фази.

**Б)** Для точки, що відповідає температурі 1200°C та концентрації Карбону 2,6% знайдіть співвідношення рідкої та твердої фази.

**В)** Для точки, що відповідає температурі 1220°C та концентрації Карбону 3,2% знайдіть співвідношення рідкої та твердої фази.

5. Дайте письмові відповіді на контрольні запитання.

### КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що розуміють під залізовуглецевим сплавом?
2. Чим сталі відрізняються від чавунів?
3. Що таке лінія ліквідусу та солідусу?
4. Що таке точка вторинної евтектики?
5. Яку мікроструктуру мають доевтектоїдні сталі?
6. Яку мікроструктуру мають евтектичні чавуни?

7. Які залізовуглецеві сплави мають перлітно-цементитну мікроструктуру?
8. Які залізовуглецеві сплави мають перлітну мікроструктуру?
9. Чим аустеніт відрізняється від фериту?
10. У чому відмінність перліту та ледебуриту?

## КЛАСИФІКАЦІЯ, МАРКУВАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ЧАВУНІВ

**Мета:** Вивчити та закріпити теоретичні основи маркування й вивчити марки, властивості, класифікацію, хімічний склад чавунів.

**Матеріально-технічне оснащення робочого місця:** Державні стандарти чавунів, довідники, каталоги, підручники, інструкційні матеріали.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

*Чавун* – це сплав Феруму й Карбону, у якому масова частка Карбону становить від 2,14 % до 6,67 % . Окрім Феруму й Карбону, у чавунах завжди присутні домішки: Силіцію до 3,5 %, Мангану до 1 %, Фосфору до 1,25 %, Сульфур до 0,1 %. Чавун – це основний продукт доменного виробництва. За призначенням чавуни поділяють на переробні, ливарні та феросплави. *Переробний чавун* використовують для подальшого виробництва сталі, *феросплави* призначені для дезоксидації (розкислення) та легування сталей. Чавун – широко уживаний ливарний матеріал для виробів, що використовуються при незначних динамічних навантаженнях. За структурою чавуни поділяють на білі, сірі, ковкі, високоміцні, з вермикулярним графітом.

*Білими* називають чавуни з вмістом Карбону близько 4%, який перебуває виключно у вигляді цементиту ( $Fe_3C$ ). Їх злами мають білий колір (рис.3.1,*а*). У структурі всіх білих чавунів наявна дуже тверда й крихка евтектика – ледебурит. Саме це є причиною не застосування їх як конструкційного матеріалу.

*Сірі чавуни* мають вміст Карбону від 2,9 % до 3,7%, що перебуває у вигляді пластинчастого графіту; а також 1,2-2,6 % Силіцію; 0,5-0,11% Мангану; 0,2-0,3% Фосфору; 0,12-0,15% Сульфур. При твердненні сірих чавунів у їхній структурі утворюється графіт, що забезпечує низький коефіцієнт усадки, м'якість та крихкість металу, який добре обробляється різанням (рис.3.1,*б*). Він здатний гасити вібрації, що виникають в конструкціях, є найдешевшим і найпоширенішим серед ливарних сплавів. Водночас сірі чавуни відзначаються невисокою міцністю та пластичністю.

Внутрішня структура сірого чавуну залежить від товщини виливок: чим більша маса металу, тим повільніше охолодження, що сприяє утворенню більш масивніших часточок графіту, а в металевій основі при цьому збільшується кількість фериту. Тому за внутрішньою структурою сірі чавуни поділяють на:

- > *половинчасті чавуни* зі структурою перліт+ледебурит+пластинчастий графіт, для яких характерна наявність цементиту понад 0,8%;
- > *перлітні чавуни* з такою ж мікроструктурою, як половинчасті, але з концентрацією цементиту менше 0,8%;
- > *феритно-перлітні чавуни* зі структурою перліт+ферит+пластинчастий графіт з низьким вмістом вуглецю у формі графіту – до 0,7%;
- > *феритні чавуни* зі структурою ферит+пластинчастий графіт та повною відсутністю цементиту.

Стандартні марки сірих чавунів за ДСТУ 2891-94 маркуються літерами **С** – сірий, **Ч** – чавун з додаванням числа, яке вказує мінімальне значення тимчасового опору розриву під час розтягу в мегапаскалях (МПа). Наприклад: *Чавун СЧ 250 ДСТУ 2891-94* – сірий чавун, мінімальне значення тимчасового опору розриву під час розтягу  $\sigma_{\min} = 250$  МПа.

Сірий чавун використовується для відливання станин верстатів, блоків циліндрів, корпусів електричних машин, деталей закріплення, плит тощо.

*Високоміцний чавун* – одержують із сірого чавуну шляхом перегрівання його у рідкому стані з додаванням модифікаторів (Магнію, Кальцію, Цезію), які сприяють сфероутворенню графіту (рис.3.1,в). Внаслідок цього високоміцний чавун має кулясту форму графіту, який меншою мірою порушує суцільність металу та значно збільшує міцність. Його приблизний хімічний склад – 2,7-3,6% Карбону; 1,6-2,7% Силіцію; 0,5-0,6% Мангану; до 0,1% Сульфур; до 0,1% Фосфору.

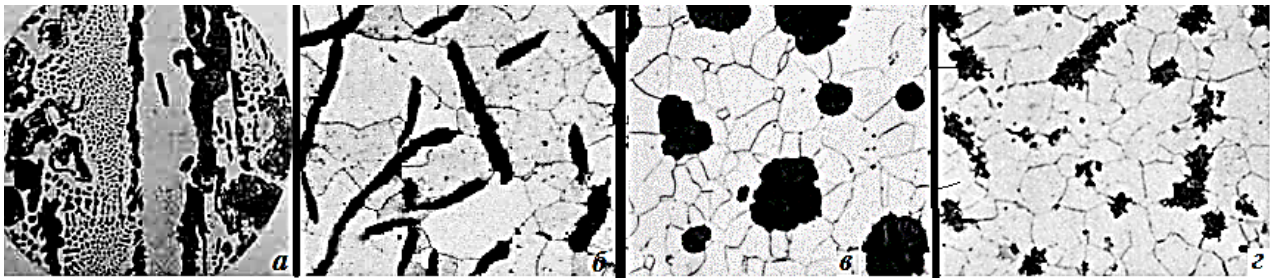


Рис.3.1. Мікроструктури чавунів

Стандартні марки високоміцних чавунів з кулястим графітом за ДСТУ 3925-99 маркуються літерами **В** – високоміцний, **Ч** – чавун з додаванням чисел, перше з яких вказує мінімальну межу міцності на розрив у МПа, друге через дефіс – мінімальне значення відносного видовження у відсотках. Наприклад: *Чавун ВЧ 600-3 ДСТУ 3925-99* – високоміцний чавун з мінімальним

значенням тимчасового опору розриву на розтяг  $\sigma_{\min} = 600$  МПа та мінімальним відносним видовженням  $\delta = 3\%$ .

*Ковкі чавуни* – одержують шляхом спеціального довготривалого відпалу виливків білого чавуну. Назва «ковкий» чавун умовна, тому що виливки завжди виготовляють литтям, а не куванням, а відпал відбувається майже при тій температурі, що й кування сталі. Графіт в ковких чавунах має лускоподібну форму (рис.3.1,з). Приблизний хімічний склад: 2,4-2,9% Карбону; 0,7-1,5% Силіцію; 0,2-1% Мангану; до 0,18% Сульфуру; до 0,2% Фосфору.

Стандартні марки ковких чавунів за ДСТУ 2891-94 маркуються літерами **К** – ковкий, **Ч** – чавун з додаванням двох чисел, з яких перше вказує мінімальну межу міцності на розрив (МПа), друге через дефіс – мінімальне значення відносного видовження у відсотках. Наприклад: *Чавун КЧ 300-6 ДСТУ 2891-94* – ковкий чавун з мінімальним значення тимчасового опору розриву при розтягу  $\sigma_{\min} = 300$  МПа та мінімальним відносним видовженням  $\delta = 6\%$ .

Ковкий чавун застосовується для невеликих виливків, що здатні працювати в умовах динамічних навантажень, широко застосовується в машинобудуванні (корпуси редукторів, корпуси задніх мостів автомобілів, вилки карданних валів, муфти, арматура, шестерні).

*Чавун з вермикулярним графітом* має особливу мікроструктуру – графіт в площині шліфа має червоподібну (гусеницеподібну) форму. Цей тип чавуну за ливарними властивостями близький до сірого чавуну. Особлива форма вермикулярного графіту спричинюється обробкою розплаву чавуну активними модифікаторами: *Mg, Ca, Cs* та ін. і умовами кристалізації. Маркуються такі чавуни подібно сірим, але на початку марки ставляться літери «**ЧВГ**». Значне застосування такі чавуни мають в автомобілебудуванні для виробництва кріпильних деталей рам вантажівок, гальмівних важелів тракторів, монтажних кронштейнів баластних вантажів трактора, корпусів проміжних зубчастих передач тощо.

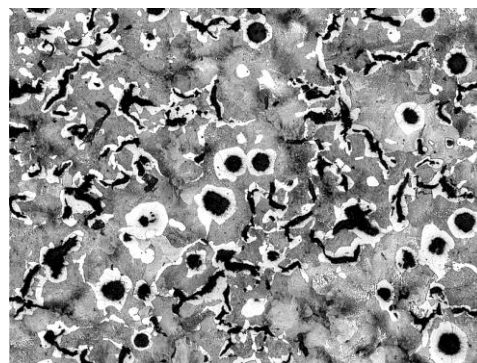


Рис.3.2. Чавун з вермикулярним та кулястим графітом

Металургійна промисловість виготовляє і *спеціальні чавуни* – до складу яких входять Нікель, Молибден, Хром, Купрум, Вольфрам, Ванадій, Алюміній, Титан та інші легувальні елементи, які вводяться для підвищення антифрикційних властивостей, зносостійкості, жаростійкості та корозійної стійкості.

До них, наприклад, відносяться *антифрикційні чавуни*, які за ДСТУ 2891-94 позначають літерами **А** – антифрикційний, **С** – сірий, **К** – ковкий, **В** – високоміцний, **Ч** – чавун; далі йде число, яке вказує умовний номер чавуну. Приклад: *Чавун АЧС-1 ДСТУ 2891-94* – антифрикційний сірий чавун з умовним номером 1; *Чавун АЧВ-3 ДСТУ 2891-94* – антифрикційний високоміцний чавун з умовним номером 3.

До спеціальних чавунів відноситься і *немагнітний чавун*, який використовується в тих випадках, коли наявність магнітних властивостей у конструкційному матеріалі може завадити роботі приладу. Немагнітні чавуни містять у своєму складі нікель та манган, які забезпечують аустенітну мікроструктуру. Приблизний хімічний склад такого чавуну: 2,6-3,0% *C*; 2,5% *Si*; 5,6% *Mn*; 9-12,5% *Ni*; решта – *Fe*. Немагнітний чавун використовується для виготовлення кожухів, втулок, масляних вимикачів, обойм силових трансформаторів, кожухів зварювальних трансформаторів тощо.

Маркуються спеціальні чавуни за ГОСТ 7769-82 літерою **Ч**, за якою йдуть літери, що позначають легувальні елементи, а потім числа, які вказують кількість цих елементів у відсотках. Умовні позначки легувальних елементів відповідають умовним позначкам легувальних елементів для сталей, а літера **Ш** наприкінці означає наявність кулястого графіту. Наприклад: *Чавун ЧХ22 ДСТУ 7769-82* – чавун спеціального призначення, легований хромом до 22%; *Чавун ЧЮ13Ш ДСТУ 7769-82* – чавун спеціального призначення, легований алюмінієм до 13%, у структурі має кулясту форму графіту.

Таблиця 1. Приклади застосування чавунів у сільськогосподарських машинах

№ з\п	Марка чавуну	Де використовується
1.	Чавун <b>СЧ 180</b> <i>ДСТУ 2891-94</i>	блок-картер трактора ДТ-75; маховик трактора ЮМЗ; корпус масляного насоса та корпус головної передачі трактора Т-150К;
2.	Чавун <b>СЧ 210</b> <i>ДСТУ 2891-94</i>	картер маховика та головка циліндрів ДТ-75; картер маховика ЮМЗ; маховик та шків колінчастого вала трактора Т-150К;
3.	Чавун <b>ВЧ 500-2</b> <i>ДСТУ 2891-94</i>	колінчастий вал та маховик трактора ДТ-75;
4.	Чавун <b>ВЧ 600-3</b> <i>ДСТУ 2891-94</i>	кришка підшипника блок-картера трактора Т-150К;
5.	Чавун <b>АСЧ-І</b> <i>ДСТУ 2891-94</i>	втулки тракторів ДТ-75 та МТЗ-8.



## ХІД РОБОТИ

1. Уважно ознайомтесь з теоретичними відомостями до даної роботи, розгляньте фотографії мікроструктур різних чавунів.
2. Ознайомтесь з основними марками та механічними властивостями різних чавунів.
3. Для одержання практичних навичок виконайте вправи:
  - А) Розшифруйте та запишіть марки чавунів відповідно ДСТУ 2891-94: **чавун СЧ 120**; **чавун КЧ 550-5**; **чавун ВЧ 800-2**; **чавун АЧК-2**, **чавун ЧХ8В15**; **чавун ЧВГ 400**.
  - Б) Користуючись діаграмою стану  $Fe-Fe_3C$  (рис.3.2) та описом даної роботи, встановіть якою мікроструктурою володіють високоміцні та ковкі чавуни.
4. Дайте письмові відповіді на контрольні запитання.

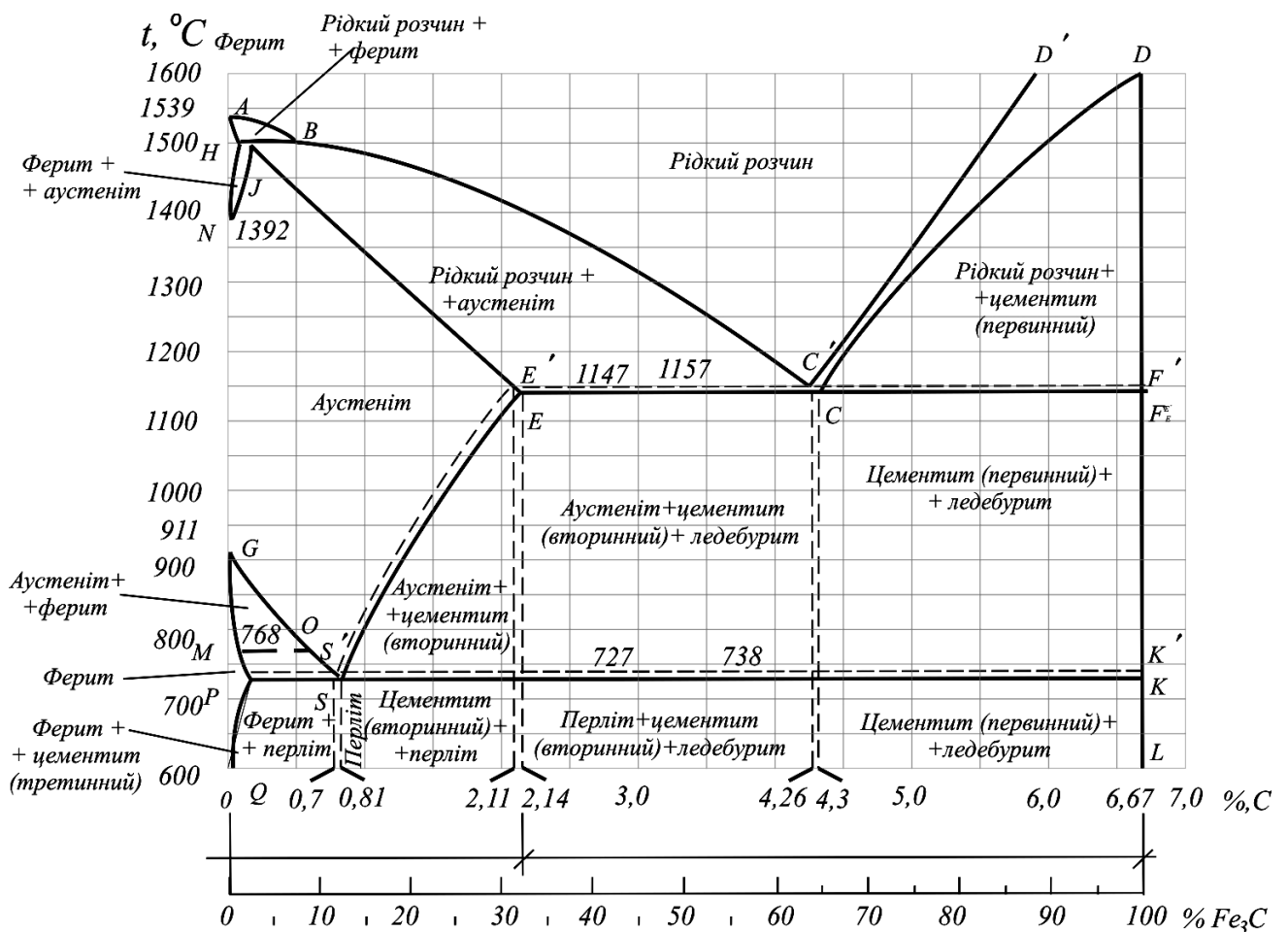


Рис. 3.2. Діаграма стану  $Fe-Fe_3C$

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які сплави називаються чавунами?
2. Які Ви знаєте чавуни?
3. Що означає термін «переробний чавун»?
4. Від чого залежить мікроструктура сірих чавунів? Чому сірі чавуни добре обробляються різанням?
5. Що розуміють під феритними чавунами?
6. Чим ковкий чавун відрізняється від сірого?
7. Перерахуйте відмінності високоміцного чавуну від сірого.
8. Яке призначення спеціальних чавунів?
9. Опрацювавши державні стандарти встановіть, які максимальні показники твердості за Брінеллем мають різні марки чавунів?
10. Опрацювавши державні стандарти встановіть, які чавуни мають найкращі показники щодо мінімального значення тимчасового опору розриву при розтягу?

## ВЛАСТИВОСТІ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА МАРКУВАННЯ СТАЛЕЙ

**Мета роботи:** Вивчити принципи маркування сталей, властивості, хімічний склад вуглецевих та легованих сталей.

**Матеріально-технічне оснащення робочого місця:** Державні стандарти, довідники, каталоги, підручники, інструкційні матеріали, узагальнюючі таблиці.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

*Сталями* прийнято називати сплави Феруму з Карбоном, які містять до 2,14% Карбону. Крім того, до складу нелегованих сталей входять Манган (до 0,8%), Силіційум (до 0,5%), Сульфур (до 0,06%) і Фосфор (до 0,07%).

#### *Загальні принципи класифікації сталей*

**1. За хімічним складом** розрізняють сталі *вуглецеві* (ДСТУ 2651-94 та міждержавні ДСТУ 380-94, 1050-88 та інші) і *леговані* (міждержавні стандарти ДСТУ 4543-83, 5950-73 та інші). У свою чергу *вуглецеві сталі* можуть бути:

- А) *маловуглецевими*, тобто із вмістом Карбону менше 0,25%;
- Б) *середньовуглецевими*, вміст Карбону складає 0,25-0,60%;
- В) *високовуглецевими*, у яких концентрація Карбону перевищує 0,60%.

*Леговані стані* підрозділяють на:

- а) *низьколеговані* – вміст легувальних елементів до 2,5%;
- б) *середньолеговані*, до їхнього складу входять від 2,5 до 10% легувальних елементів;
- в) *високолеговані*, котрі містять понад 10% легувальних елементів.

**2. За призначенням** сталі розрізняють:

1) *конструкційні*, призначені для виготовлення будівельних і машинобудівних виробів;

2) *інструментальні* з яких виготовляють різальний, вимірвальний, штамповий та інші інструменти. Ці сталі містять більше 0,65% Карбону.

3) з *особливими фізичними чи хімічними властивостями*, наприклад, з визначеними магнітними характеристиками або малим коефіцієнтом лінійного розширення, жаростійкі або жароміцні сталі.

**3. За якістю** – залежно від вмісту шкідливих домішок Сульфур і Фосфору сталі підрозділяють на:

- 1) *сталі звичайної якості* – вміст до 0,06% Сульфур і до 0,07% Фосфору;

- 2) *якісні* – до 0,035% Сульфуру і Фосфору кожного окремо;
- 3) *високоякісні* – до 0,025% Сульфуру і Фосфору кожного окремо;
- 4) *особливо високоякісні* – до 0,025% Фосфору і до 0,015% Сульфуру.

**4. За ступенем розкислення** (за ступенем видалення кисню зі сталі) існують:

1) *спокійні сталі*, тобто, цілком розкислені; такі сталі згідно Міждержавного ГОСТ позначаються буквами «**сп**» наприкінці марки (згідно ДСТУ букви опускаються). *Спокійні сталі* одержують повним розкисленням металу, тому вони мають мінімальні кількості оксидів Феруму, що забезпечує «спокійне» охолодження металу у виливницях;

2) *киплячі сталі* – слабо розкислені, маркуються буквами «**кп**». Ці сталі характеризуються підвищеним вмістом  $FeO$ , що в процесі охолодження сталі у виливницях призводить до взаємодії  $FeO$  з Карбоном та до утворенням газу  $CO$ . Виділення цього газу в рідкому металі створює уяву, що сталь кипить. Киплячі сталі мають недоліки порівняно зі спокійними сталями: вони більше схильні до старіння, холодноламкості, гірше зварюються;

3) *напівспокійні сталі*, що займають проміжне місце між двома попередніми та позначаються буквами «**пс**».

**Сталі звичайної якості** набули найширшого застосування внаслідок дешевизни їх одержання. Ці сталі у процесі плавлення порівняно з якісними сталями менше очищаються від домішок та містять більше Сульфуру та Фосфору. Вони часто містять значну кількість неметалевих домішок, тому при розливанні у крупні злитки утворюється значна ліквация (неоднорідності). Сталі звичайної якості використовують для гарячекатаного прокату: балки, прутки, швелери, кутники, а також листи, труби. Залежно від призначення та гарантованих властивостей сталі звичайної якості підрозділяють на три групи:

**Група А.** Сталі цієї групи поставляються за механічними властивостями без уточнення їхнього хімічного складу. Позначають їх літерами **Ст** та цифрами **0, 1, 2, ..., 6**. Зі збільшенням числа зростає процентний вміст Карбону, а тому зростає міцність, але зменшується пластичність таких сталей. В кінці марки сталі додаються літери, які засвідчують ступінь їхнього розкислення: **сп, кп, пс**. Наприклад: **Ст0, Ст1кп, Ст2сп**, тощо. Підвищений вміст Мангану в таких сталях фіксується літерою **Г**. Наприклад: **Ст5Гпс**.

**Група Б.** До цієї групи відносяться сталі з гарантованим хімічним вмістом, який можна встановити згідно стандарту ГОСТ 380-94. У позначенні

марок цієї групи сталей попереду додається літера **Б**. Наприклад: **БСт1**, **БСт2кп** та інші.

**Група В.** Це сталі підвищеної якості у цій групі, оскільки в них гарантовані й хімічний склад, і механічні властивості. У позначення цих марок вводиться літера **В**. Сталі групи **В** одержують наступних марок: **ВСт1**, **ВСт2**,..., **ВСт5**.

Сталі групи **В** мають спеціалізоване призначення: мосто- та суднобудування, сільськогосподарське машинобудування тощо.

**Якісні вуглецеві сталі.** Якісні сталі одержують киснево-конверторним способом, у мартенівських та електропечах, а залежно від ступеня розкислення вони можуть бути спокійними чи киплячими. До сталей цієї групи ставляться більш високі вимоги відносно складу: вміст  $S \leq 0,04\%$ ,  $P \leq 0,035-0,04\%$ ; контролюється кількість неметалевих включень; макро- та мікроструктура.

**Якісні сталі** маркують у такий спосіб: на початку марки вказують вміст Карбону цифрою, що відповідає його середній концентрації у сотих %. Наприклад: **Сталь 05** – це низьковуглецева якісна спокійна сталь, яка має середній вміст Карбону 0,05; **08кп** – низьковуглецева якісна кипляча сталь з середнім вмістом Карбону 0,08%; **30пс** – середньовуглецева якісна напівкипляча сталь з середнім вмістом Карбону 0,30% тощо.

**Низьковуглецеві якісні сталі** володіють невисокою міцністю, але достатньо високою пластичністю. Тому їх без термічної обробки застосовують для малонавантажених деталей: прокладки, шайби тощо. Тонколистову низьковуглецеву якісну сталь використовують для холодного штампування виробів. Штампованість сталі тим гірша, чим більше в ній Карбону. Силіціум підвищує межу текучості, понижує штампованість, особливо здатність сталі приймати холодну витяжку. Низьковуглецеві якісні сталі використовуються також для відповідальних зварних конструкцій. З підвищенням вмісту в сталі Карбону зварюваність погіршується, що проявляється в утворенні тріщин в місцях зварювання.

**Середньовуглецеві сталі** використовують в усіх галузях машинобудування для виготовлення: розподільних валів, фрикційних дисків, штоків, плунжерів тощо. Ці сталі після поверхневого загартування та нормалізації порівняно з низьковуглецевими сталями мають більш високу міцність при нижчій пластичності. Сталі у відпаленому стані досить добре обробляються різанням.

**Високовуглецеві сталі 60, 65, 70, 75, 80 та 85** володіють високою міцністю, зносостійкістю та пружними властивостями. З них виготовляють пружини,

ресори, шпинделі, прокатні вали, тобто такі деталі, які після термічної обробки загартування→відпуск→нормалізація→відпуск працюють в умовах тертя за наявності високих статичних і вібраційних навантажень.

*Автоматні сталі* – це низько- та середньовуглецеві сталі, що добре обробляються при високих швидкостях різання і при цьому одержують високу якість поверхні. Ці властивості досягаються підвищенням в автоматних сталях вмісту Сульфуру та Фосфору. Так, Сульфур в автоматній сталі знаходиться у вигляді Сульфурів Мангану (*MnS*), які сприяють утворенню короткої і ламкої стружки. Фосфор, підвищує твердість, міцність та поріг холодноламкості, сприяє утворенню ламкої стружки і одержанню гладкої, майже дзеркальної поверхні при різанні. Сталі, що містять Сульфур, мають яскраво виражену анізотропію механічних властивостей і знижену корозійну стійкість.

Автоматні сталі маркуються літерою **A** та цифрою, яка вказує середній вміст Карбону в сотих частинах процента. Якщо автоматна сталь легована Плюмбумом, то позначення марки починається зі сполучення літер «**АС**». Плюмбум знаходиться в сталях у вигляді дрібних сферичних включень, зв'язаних з сульфідами та діє як руйнівник стружки, причому сильніше, ніж *MnS*. Плівка Плюмбуму, яка утворюється внаслідок різання, зменшує тертя між інструментом та оброблюваною деталлю, збільшуючи швидкість різання на 70-80%. Щоб не виявлялася червоноламкість, у сталях може бути збільшена кількість Мангану. При його підвищеному вмісті в кінці марки додається літера **Г**. Наприклад: **A12** – автоматна низьковуглецева якісна сталь з середнім вмістом Карбону 0,12% та підвищеним вмістом Сульфуру та Фосфору; **АС30** – автоматна середньовуглецева якісна сталь із середнім вмістом Карбону 0,30%, легована Плюмбумом, **A40Г** – автоматна середньовуглецева якісна сталь з середнім вмістом Карбону 0,40% і підвищеним вмістом Мангану.

*Леговані конструкційні сталі.* Маркують леговані конструкційні сталі двозначними цифрами на початку марки, які вказують середній вміст Карбону в сотих частках процента та літерами (справа від цифри), які умовно позначають легувальний елемент. Найбільш поширені легувальні елементи, що входять до складу сталі, позначають літерами: **A** – Нітроген; **K** – Кобальт; **T** – Титан; **B** – Ніобій; **M** – Молібден; **Φ** – Ванадій; **B** – Вольфрам; **C** – Силіцій, **H** – Нікель; **X** – Хром; **Г** – Манган; **П** – Фосфор; **Ц** – Цирконій; **Д** – Мідь; **P** – Бор; **Ю** – Алюміній; **Е** – Селен; **Ч** – рідкоземельні метали.

Якщо після букви, що позначає легувальний елемент, міститься цифра, то вона вказує вміст цього елемента у відсотках. Якщо цифри відсутні, то сталь містить близько 1-1,5% легувального елемента, за винятком Молібдену і Ванадію (вміст яких у сталях, зазвичай, не перевищує 0,2-0,3%), а також Бору (у сталі з буквою **P** його повинно бути не більше 0,001%).

Наприклад:

•**14X2пс** – маловуглецева, низьколегована хромиста якісна напівспокійна конструкційна сталь, яка містить приблизно 0,14% Карбону і до 2,0% Хрому;

•**30X16H15M3** – середньовуглецева, високолегована хромисто-нікелево-молібденова якісна спокійна конструкційна сталь, із середнім вмістом 0,3% *C*, 16,0% *Cr*, 15,0% *Ni*, до 3,0% *Mo*.

Основна маса легованих сталей виробляється якісними із вмістом *P* та  $S \leq 0,035\%$  кожного з елементів. Високоякісні сталі мають вміст вказаних шкідливих домішок  $\leq 0,025\%$  (кожного з елементів), а особливо високоякісні сталі –  $P \leq 0,025\%$  і  $S \leq 0,015\%$ . За ступенем розкислення такі сталі можуть бути лише спокійними. Високоякісні й особливо високоякісні конструкційні сталі маркують так само як і якісні, але наприкінці марки високоякісної сталі ставлять літеру **A**, (ця буква в середині марочного позначення вказує на наявність легувального елемента – Нітрогену, спеціально введеного в сталь), а після марки особливо високоякісної сталі – через тире, або пробіл букву «**Ш**».

Наприклад:

•**45Г6А** – середньовуглецева, середньолегована марганцевиста високоякісна конструкційна сталь з середнім хімічним складом: 0,45% *C*, 6% *Mn*;

•**30X13H7C2-Ш** – середньовуглецева, високолегована хромисто-нікелево-кремниста особливо високоякісна конструкційна сталь із середнім хімічним складом: 0,30% *C*, 13% *Cr*, 7% *Ni*, 2% *Si*.

Леговані сталі володіють кращими механічними властивостями після термічної обробки загартування → відпуск. Чим більша концентрація легувальних домішок, тим вища прогартовуваність сталі. Внаслідок термічної обробки вони мають більш дрібне зерно, а загартування легованих сталей можна проводити в менш різких охолоджувачах (оливі, на повітрі), що зменшує деформацію виробів та небезпеку утворення тріщин.

Для досягнення високої прогартовуваності сталь найчастіше легують дешевими домішками – *Mn*, *Cr*, *B*, а також більш дорогими – *Ni*, *Mo*. Концентрація легувальних елементів повинна бути мінімальною, яка б забезпечувала

необхідну для даного перерізу та умов охолодження наскрізну прогартовуваність. Непомірне збільшення легувальних елементів може призвести до значного погіршення їх технологічних та механічних властивостей.

Як приклад, сталей з особливими фізичними властивостями, можна відмітити *магнітотверді сталі та сплави*, які застосовують для виготовлення постійних магнітів. Це високовуглецеві сталі (~1% C), леговані Хромом (~3%) – **EX3**, Вольфрамом (~6%) **EB6** та одночасно леговані Хромом та Кобальтом – **EX5K5**, **EX9K15**. Можливе введення й інших хімічних елементів, які позначаються аналогічно іншим сталям.

*Магнітом'які сталі* – це електротехнічні тонколистові сталі, які використовують для якорів та полюсів енергетичних машин, статорів та роторів електродвигунів, для сердечників трансформаторів тощо. Електротехнічну сталь виготовляють у вигляді рулонів, листів, стрічок та маркують: (Э)**1211**, **1212**, **1311**, **2011**, **2013**, **3411**, **3412** та ін. При маркуванні цифри означають: перша – клас структурного стану при прокатуванні (**1** – гарячекатана ізотропна, **2** – холоднокатана ізотропна, **3** – холоднокатана ізотропна); друга – вміст Силіцію (**0** – до 0,4%; **1** – 0,4-0,8%; **2** – 0,8-1,8%; **3** – 1,8-2,8%; **4** – 2,8-3,85%; **5** – 3,8-4,8%); третя – основну магнітну характеристику – питомі втрати; четверта – порядковий номер типу сталі.

Таблиця 4.1

**Вплив елементів, що входять до складу сталі на її якість**

Карбон	1. Покращує збереження ріжучої кромки і міцність на розтягування. 2. Збільшує твердість і покращує стійкість до зношування і стирання.
Хром	1. Збільшує твердість, міцність на розтяг і жорсткість. 2. Забезпечує стійкість до зносу і корозії.
Кобальт	1. Збільшує міцність і твердість та дозволяє проводити гартування при високих температурах. 2. Збільшує ефект інших елементів, що входять до складу сталі.
Купрум	1. Покращує корозійну стійкість. 2. Забезпечує стійкість до зносу.
Манган	1. Збільшує твердість, стійкість до зносу і міцність на розтягування. 2. Покращує відділення кисню від розплаву. 3. У великих кількостях збільшує крихкість.
Молібден	1. Збільшує твердість, жорсткість і міцність. 2. Покращує оброблюваність і корозійну стійкість.
Нікель	Покращує міцність, твердість, стійкість до корозії.
Фосфор	1. Покращує міцність, твердість, оброблюваність.



	2. У великих кількостях збільшує крихкість.
Силіцій	1. Збільшує міцність на розтяг. 2. Покращує відділення кисню від розплаву.
Сульфур	У мінімальній кількості полегшує обробку.
Вольфрам	Збільшує твердість, стійкість до зношування і міцність.
Ванадій	1. Збільшує твердість, стійкість до ударів і міцність. 2. Уповільнює зростання кристалів.

### ХІД РОБОТИ

1. Уважно опрацювати теоретичний матеріал.
2. Проаналізувати таблицю «Загальні принципи класифікації сталей».
3. Познайомитись із державними стандартами на сталі.
4. Дати письмові відповіді на контрольні запитання.

### КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дайте означення сталей.
2. Чим сталі відрізняються від чавунів?
3. Поясніть принцип поділу сталей на мало-, середньо- та високовуглецеві.
4. За якими ознаками сталі поділяють на низько-, середньо- та високолеговані?
5. За міждержавним стандартом ГОСТ 380-94 встановіть хімічний склад сталей:  
Варіант А: **БСт1Гпс; БСт3сп; БСт5Гпс.**  
Варіант Б: **БСт1кп; БСт3пс; БСт6сп.**  
Варіант В: **БСт2кп; БСт4сп; БСт5пс.**
6. Користуючись стандартом ГОСТ 1050-88, встановіть механічні властивості та хімічний склад сталей:  
Варіант А: *Сталь 35* та *Сталь 50.*  
Варіант Б: *Сталь 08* та *Сталь 40.*  
Варіант В: *Сталь 10* та *Сталь 45.*
7. Користуючись стандартом ГОСТ 1050-88 встановіть відмінності між сталями:  
Варіант А: *Сталь 08кп, Сталь 08пс* та *Сталь 08.*  
Варіант Б: *Сталь 10кп, Сталь 10пс* та *Сталь 10.*  
Варіант В: *Сталь 15кп, Сталь 15пс* та *Сталь 15.*
8. З якої марки сталі виготовлено прокат, якщо він помаркований фарбою:

А) червоного та зеленого кольору?

Б) зеленого та білого кольору?

В) жовтого та червоного кольору?

9. Дайте повну назву сталям:

Варіант А: *Сталь 10кп*, *Сталь 20ХГНТР* та *Сталь 40Х14Н8В2МА*;

Варіант Б: *Сталь 35пс*, *Сталь 30Х13Н15С2А* та *Сталь 65Н3В-Ш*;

Варіант В: *Сталь 45*, *Сталь 12Н8Т2А2-Ш* та *Сталь 15Х6Ф4А*.

10. Розшифруйте марки сталей:

Варіант А: *Сталь 1211* та *Сталь Е7В6*;

Варіант Б: *Сталь 3411* та *Сталь ЕХ9К15М2*;

Варіант В: *Сталь ЕХ12К2В2*, *Сталь 2111*.

## ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ СТАЛІ

**Мета роботи:** Вивчити призначення, класифікацію, маркування та режими термічної обробки інструментальних сталей.

**Матеріально-технічне оснащення робочого місця:** Діаграма стану  $Fe-Fe_3C$ , атлас мікроструктур, режими загартування, робочі таблиці, Державні стандарти, довідники, підручники, інструкційні матеріали.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

За призначенням інструменти діляться на *формоутворювальні* та *вимірювальні*. Формоутворювальні інструменти підрозділяються на *різальні* (різці, фрези, свердла, розгортки тощо), *ударні* (зубила, пробійники та інші) та такі, що *працюють при значних тисках* (штампи, накатки тощо). У свою чергу розрізняють штампи холодної та гарячої деформації металів («холодні» й «гарячі» штампи).

*Різальні інструменти*, що працюють в умовах значних навантажень, високих температур і тертя, повинні задовольняти особливі експлуатаційні вимоги: твердість матеріалу різальної частини інструменту повинна значно перевищувати твердість матеріалу заготовки, висока міцність забезпечує опір інструменту деформаціям у процесі різання, а достатня в'язкість матеріалу інструменту дозволяє йому сприймати ударні динамічні навантаження, що виникають при обробці заготовок. Оскільки в процесі різання механічна енергія перетворюється на теплову, різальна кромка інструменту нагрівається до високих температур.

Умови роботи *вимірювального інструменту* наближаються до умов роботи різального інструменту при легких режимах різання, відмінність полягає лише в значно меншому питомому тиску на робочі поверхні. Для різних видів інструменту застосовують інструментальні сталі різного типу.

Сталь у штампах зазнає значних теплових й ударних навантажень, тому найкращою сталлю тут є та, в якій при температурах, що відповідають умовам роботи штампу, спостерігається оптимальне співвідношення твердості та пластичності.

*Інструментальними сталями* називають вуглецеві та леговані сталі, що володіють високою твердістю, міцністю, зносостійкістю.

Однією з головних характеристик інструментальних сталей є теплостійкість (або червоностійкість), тобто стійкість проти відпуску при нагріванні інструменту в процесі роботи. Розрізняють *нетеплостійкі інструментальні сталі* – це вуглецеві з  $0,7\% < C < 1,4\%$  й леговані сталі, що містять до 3-4% легувальних елементів; *напівтеплостійкі*, що містять понад 0,6-0,7% Карбону і леговані Хромом до 3-4%; *теплостійкі* – це високолеговані сталі, що містять *W, V, Cr, Mo, Co*. Останні отримали назву *швидкорізальних*.

Основним елементом, що визначає високу зносостійкість інструментальних сталей є вуглець, оскільки твердість, а отже і зносостійкість інструменту після термічної обробки залежить від вмісту вуглецю в мартенситі. Наявність легувальних елементів значною мірою впливає на прогартуваність сталі, а також збільшує стабільність мартенситу при нагріві загартованої сталі.

Вуглецеві інструментальні сталі за ДСТУ 3833-98 маркують літерою *У* (вуглецева), наступна за нею цифра вказує середню масову частку вуглецю в десятих долях відсотка, буква *Г* свідчить про підвищений вміст Мангану в даній сталі, літера *А*, що сталь – високоякісна, тобто чистіша відносно вмісту Сульфуру та Фосфору (якщо літера *А* вкінці марки відсутня, то сталь відноситься до категорії якісних). Наприклад: *У7, У8Г, У12А, У8ГА* тощо.

Доевтектоїдні та евтектоїдні інструментальні сталі в початковому стані мають структуру зернистого перліту. У структурі заевтектоїдних сталей додатково присутній вторинний цементит. Сталі з такою структурою мають занижену твердість, тому добре обробляються різанням. Температура гартування у доевтектоїдних сталей повинна бути вище верхньої критичної точки  $A_{c3}$  на 20-40°C, а у евтектоїдних і заевтектоїдних – вище за нижню критичну точку  $A_{c1}$  на 20-40°C, щоб внаслідок загартування сталь одержала мартенситну структуру (Дивись діаграму стану  $Fe-Fe_3C$ ). У заевтектоїдних сталей при цьому зберігається вторинний цементит. Гартування проводять у воді або у водних розчинах солей. Після гартування інструментальні вуглецеві сталі піддаються низькому відпуску при 150-170°C, що знімає значну частину гартівної напруги при збереженні високої твердості. Формується структура мартенсит відпуску. У заевтектоїдних інструментальних сталей в структурі додатково присутній вторинний цементит. Оскільки вуглецеві сталі володіють низькою прогартуваністю, з них виготовляють в основному інструмент невеликої товщини – напилки, ножівкові полотна, хірургічний інструмент інше.

Вуглецеві сталі можна використовувати як різальний інструмент тільки для різання матеріалів з низькою твердістю та з малою швидкістю різання, оскільки при нагріванні вище 190-200°C їх твердість різко знижується.

Легована інструментальна сталь за ДСТУ 3953-2000 маркується так: **X**, **9X**, **9XC**, **6XBГ** та інші. Цифра на початку марки показує середню масову частку Карбону в десятих долях відсотка. Якщо вміст Карбону близько 1%, то цифра, зазвичай, відсутня. Наступні букви означають легувальні елементи, а цифри, що стоять після букв, показують середню масову частку легувального елемента в цілих відсотках. Відсутність цифри після букви означає, що вміст цього легувального елемента знаходиться в межах від 0,1 до 1%. Ці сталі відносяться до категорії високоякісних, тому літера **A** в кінці марки не ставиться. Леговані інструментальні сталі подібно до вуглецевих не володіють теплостійкістю і придатні тільки для різання відносно м'яких матеріалів з невеликою швидкістю. Їх використовують для інструменту, що не піддається нагріву понад 200-250°C. Леговані сталі володіють більшою прогартовуваністю, ніж вуглецеві.

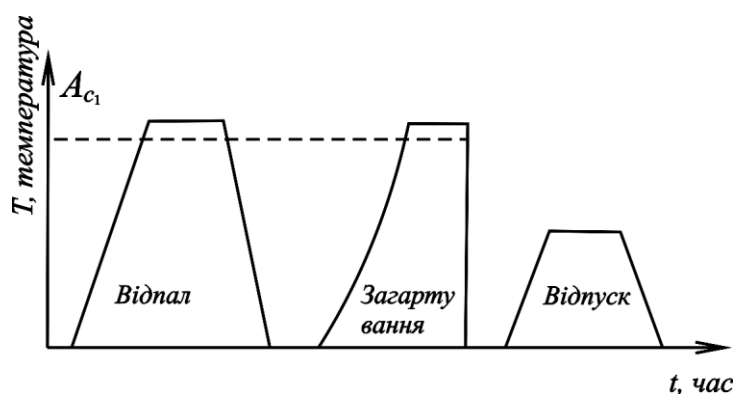


Рис. 5.1. Режим термічної обробки заевтектоїдної інструментальної сталі.

Низьколеговані сталі (**11X**, **13X** та інші) рекомендуються для інструментів діаметром до 15 мм, а сталі з підвищеною прогартовуваністю (**9XC**, **XBГ**) мають вищу теплостійкість (до 250-280°C), добрі різальні властивості та порівняно мало деформуються при гартуванні. Їх використовують для виготовлення інструментів діаметром 60-80 мм.

Остаточна термічна обробка легованих сталей складається з неповного загартування і низького відпуску, подібно до вуглецевих.

При неповному загартуванні виріб нагрівають до  $t = A_{C1} + (30-50)^\circ\text{C}$ , витримують і швидко охолоджують в маслі або гарячих середовищах, що змен-

шує їх короблення в порівнянні з вуглецевими, охолоджуваними у воді. Низький відпуск проводять при температурах 150-180°C.

Структура інструментальних легованих сталей після остаточної термічної обробки складається з відпущеного легованого мартенситу і легованого зернистого цементиту, тобто вона якісно подібна до структури вуглецевої заевтектоїдної інструментальної сталі після аналогічної термообробки.

*Швидкорізальні сталі* – це близько евтектоїдні сталі (0,8-1% С – у марці не вказується), котрі маркуються за ГОСТ 19265-73 літерою **Р**, а наступна за нею цифра вказує середню масову частку головного легувального елементу швидкорізальної сталі – Вольфраму. Середній зміст інших легувальних елементів позначається цифрою після відповідної літери. Наприклад, **Р18**, **Р6М5**, **Р10К5Ф5** тощо. Середній вміст Хрому в більшості швидкорізальних сталей складає 4% і тому в позначенні марки сталі не вказується. Крім того, не вказується вміст Молібдену до 1% і Ванадію, якщо його вміст менший, ніж Молібдену.

У швидкорізальних сталях теплостійкість досягається легуванням карбидоутворювальними елементами (Вольфрамом, Молібденом, Хромом, Ванадієм) в такій кількості, при якій вони зв'язують майже весь Карбон в спеціальні карбіди. Ці сталі зберігають мартенситну структуру при нагріванні до 600-650°C, тому їх застосування дозволяє значно підвищити швидкість різання (у 2-4 рази) та стійкість інструменту (у 10-30 разів) порівняно зі сталями, що не володіють теплостійкістю.

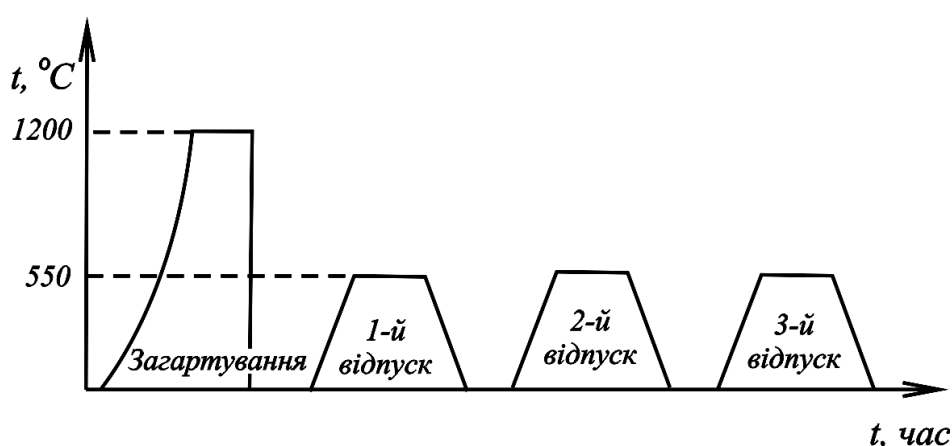


Рис. 5.2. Режим термічної обробки швидкорізальних сталей.

Для зниження твердості, поліпшення обробки різанням і підготовки структури сталі до загартування швидкорізальну сталь піддають відпалу

при 800-860°C. Для надання теплостійкості сталі інструменти піддають гартуванню та багатократному відпуску.

Температуру гартування швидкорізальної сталі приймають в інтервалі 1200-1290°C. Високі температури гартування необхідні для повнішого розчинення карбідів і отримання при нагріві аустеніту, високолегованого Хромом, Вольфрамом, Молібденом і Ванадієм. Це забезпечує отримання мартенситу, що володіє високою теплостійкістю.

Високолегований аустеніт, отриманий при нагріві під час гартування, володіє великою стійкістю, тому швидкорізальні сталі мають малу критичну швидкість охолодження та можуть гартуватися на повітрі. Однак, в якості охолоджувального середовища частіше застосовується олива.

*Інструментальні леговані сталі для обробки металів тиском* при температурах понад 300°C виготовляються за ДСТУ 3953-2000 та маркуються аналогічно іншим легованим інструментальним сталям. Наприклад: **7ХЗ, 5ХНМ, 5ХНВ, 05Х12Н6Д2МФСГТ, 20Х13Н2ДМЮФ** тощо.

## ХІД РОБОТИ

1. Уважно опрацювати теоретичний матеріал.
2. Познайомитись із державними стандартами на інструментальні сталі.
3. Дати письмові відповіді на контрольні запитання.

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Якими основними якостями повинен володіти інструмент?
2. Наявність яких елементів у складі інструментальних сталей забезпечує високу твердість інструменту після гартування?
3. Яке основне призначення *Cr, W, V, Mo* в інструментальних сталях?
4. Як підрозділяються сталі за теплостійкістю?
5. Що таке теплостійкість сталі?
6. Які основні переваги мають леговані інструментальні сталі перед вуглецевими?
7. Чим швидкорізальні сталі відрізняються від нетеплостійких інструментальних сталей?
8. Розшифруйте марки сталей:  
Варіант А: **У8Г, У12А, Р9М8К2** та **ЗХ8Ф2В**;  
Варіант Б: **Р14Ф4К, У7А, 9ХС**;  
Варіант В: **У11ГА, 05Х12Н6МТ, Р18**.

9. Які інструментальні сталі використовують для виготовлення плашок, гайко-різів для ручного нарізування різьб?
10. Як за маркою сталі високоякісну інструментальну вуглецеву сталь відрізнити від якісної вуглецевої?



## КЛАСИФІКАЦІЯ, МАРКУВАННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ

**Мета роботи:** Ознайомитись з властивостями найбільш поширених кольорових металів. Вивчити класифікацію та теоретичні основи маркування сплавів кольорових металів. Засвоїти застосування кольорових металів та їх сплавів як конструкційних матеріалів.

**Матеріально-технічне оснащення робочого місця:** Державні стандарти, довідники, каталоги, підручники, інструкційні матеріали.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Серед великої кількості кольорових металів найбільшого застосування набули:

**1. Алюміній (Al)** – легкий метал, сріблясто-білого кольору, густиною  $2,7 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, температура плавлення  $660^\circ\text{C}$ . Чистий алюміній – добрий провідник тепла й електричного струму, легко піддається холодній та гарячій обробці тиском. Застосовується для виготовлення електродроту, хімічної апаратури, а також як основний компонент при виготовленні легких сплавів.

**2. Магній (Mg)** – дуже легкий, пластичний, блискучий метал сріблясто-білого кольору, густиною  $1,74 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> і температурою плавлення  $651^\circ\text{C}$ . Використовується для виготовлення легких сплавів, розкислення та отримання ванадію, титану, урану, а також високоміцного чавуну.

**3. Мідь (Cu)** – м'який, пластичний метал рожево-червоного кольору, його густина  $8,94 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, температура плавлення  $1083^\circ\text{C}$ . Мідь має високу тепло- і електропровідність, корозійно стійка, пластична, що й визначає галузі її використання: близько 50% міді, яка видобувається, йде на потреби електротехнічної промисловості. На основі міді виготовляють також сплави – латуні, бронзи тощо.

**4. Молібден (Mo)** – сріблясто-сірий, блискучий тугоплавкий метал, температура плавлення  $2710^\circ\text{C}$ , густина  $10,2 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Використовується у виробництві легованих сталей, вогнетривких та кислотостійких сплавів, для виробництва електровакуумних приладів.

**5. Нікель (Ni)** – пластичний, блискучий метал зі сріблястим відтінком, його густина  $8,9 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, температура плавлення  $1453^\circ\text{C}$ . Застосовується головним чином як легувальний елемент у виробництві спеціальних сталей

і сплавів (жаростійких, стійких до іржі), а також для захисних покриттів (нікелювання).

Нікелеві сплави відзначаються жаростійкістю, жароміцністю, цінними магнітними та електричними властивостями, високою корозійною стійкістю, міцністю й пластичністю. Завдяки чому нікелеві сплави використовуються для виготовлення спеціальної апаратури, деталей точних вимірювальних приладів.

**6. Олово (Sn)** – м'який, пластичний, сріблясто-білий метал, густиною  $5,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> з температурою плавлення 232°C, повільно тьмяніє на повітрі. Використовується для виготовлення білої жерсті (консервна промисловість), у вигляді сплавів з іншими матеріалами (бронза, антифрикційні сплави) і для припоїв.

**7. Свинець (Pb)** – блискучий, м'який метал синювато-сірого кольору, дуже пластичний, густина  $11,3 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, температура плавлення 427°C, легко обробляється тиском у холодному стані. Застосовується для виготовлення оболонок кабелів, акумуляторних пластин, хімічної апаратури у вигляді сплавів з іншими металами.

**8. Хром (Cr)** – сріблясто-білий метал, густиною  $7,2 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> з температурою плавлення 1550°C. Застосовується головним чином як легувальний елемент при виплавці вогнетривкої, легованої сталі та інших сплавів, а також для захисного покриття (хромування).

**9. Титан (Ti)** – легкий, тугоплавкий, міцний та водночас пластичний метал сріблясто-білого кольору, густиною  $4,5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, температурою плавлення 1665°C. Чистий титан має дещо занижені механічні властивості, але чим більше домішок, тим більша міцність і менша пластичність. Застосовується в хімічній промисловості, для виробництва сплавів, які характеризуються високою міцністю, невеликою густиною, високою корозійною стійкістю. Титанові сплави також широко застосовуються в літако- та ракетобудуванні. З вуглецем титан утворює дуже тверді карбіди.

**10. Вольфрам (W)** – важкий тугоплавкий метал, густиною  $19,3 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, температура плавлення 3410°C, світло-сірого кольору. Широко застосовується при виготовленні електричних ламп (нитки розжарення), деталей в радіоелектроніці, а також для легування сталі, у виробництві твердих, зносостійких та вогнетривких сплавів.

**11. Цинк (Zn)** – блискучий метал, голубувато-білого кольору, густина  $7,1 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, температура плавлення 415°C. На повітрі покривається плівкою

окислів. Застосовується як листовий прокат в сплавах з іншими металами, для цинкування виробів, в хімічній промисловості та інше.

**12. Алюмінієві сплави.** Більшість алюмінієвих виробів, насправді, виготовлені з алюмінієвих сплавів. Механічної міцності чистого алюмінію, як правило, не вистачає для вирішення навіть найпростіших побутових і технічних завдань. Легувальні елементи в алюмінії істотно змінюють його властивості. При цьому одні якості підвищуються – міцність, твердість, жаростійкість, а інші – знижуються: електропровідність, корозійна стійкість. Майже завжди в результаті легування зростає густина. Виняток становить легування магнієм.

Вміст легувальних елементів у сплавах кольорових металів позначають наступними літерами:

**О** – Олово, **С** – Плюмбум, **Н** – Нікель, **Мц** – Манган, **Ц** – Цинк, **Ж** – Ферум, **К** – Силіцій, **А** – Алюміній, **Б** – Берилій, **М** – Купрум, **Мг** – Магній.

За застосуванням алюмінієві сплави поділяють на *деформівні* та *ливарні*. Деформівні володіють високою пластичністю в нагрітому стані, а ливарні – здатні ефективно заповнювати ливарні форми.

Сировина для отримання сплавів – це технічно чистий алюміній та силуміни – сплави алюмінію з силіціумом (10-13%). Силуміни маркують як **СИЛ-00** (найбільш чистий за домішками), **СИЛ-0**, **СИЛ-1** і **СИЛ-2** (зі все більшою кількістю домішок).

*Деформівні алюмінієві сплави.* Мають найбільшу пластичність і найменшу міцність при обробці тиском з нагрівом. Основні легувальні елементи – купрум, манган і цинк, а також у невеликих кількостях – Силіцій, Ферум, Нікель. Деформівні сплави ділять на *зміцнювані* та *незміцнювані*. Міцність перших можна підвищити термічною обробкою.

Типовими зміцнювальними сплавами є *дуралюміни* – сплави Алюмінію з Купрумом (2,2-7%), що містить домішки *Si* і *Fe* та може бути легованим *Mg* і *Mn*. Назви марок дуралюмінів складаються з літери «Д» (вона завжди перша) і номера сплаву.

Термічна обробка дуралюмінів складається з двох етапів. Спочатку їх нагрівають вище 500°C, а потім загартовують охолодженням у воді. Структура загартованого дуралюмініу має малу стабільність. При кімнатній температурі вона змінюється. Атоми надмірного Купруму групуються в розчині, що призводить до спотворення кристалічної решітки, і як наслідок – значне підвищення твердості та міцності з одночасним зниженням пластичності сплаву.

Процес зміни структури загартованого дуралюміну при кімнатній температурі носить назву *природного старіння*. Воно найінтенсивніше відбувається протягом перших декількох годин, а завершується – через 4-6 діб, надаючи сплаву максимальної для нього міцності. Інколи застосовується *штучне старіння* – це нагрів сплаву до 100-150°C, яке завершується швидшим, але дещо меншим зміцненням.

Близькі за хімічним складом до дуралюмінів, але в гарячому стані мають вищу пластичність, *ковкі алюмінієві сплави*, які використовуються для поковок і штампувань. Маркуються літерами **АК** і цифрою, яка відображає середній процентний вміст Кременію (**АК4**, **АК6** тощо). Такі сплави використовуються для штампування деталей кузовів, фюзеляжів літаків, корпусів катерів тощо. Для виготовлення виробів харчового призначення набули поширення сплави **АК7**, **АК9** та **АК12** із жорстким контролем щодо вмісту в них шкідливих елементів:  $Pb < 0,15\%$ ;  $As < 0,15\%$ ;  $Zn < 0,3\%$ ;  $Be < 0,0005\%$ .

Ковкі алюмінієві сплави можуть містити незначну кількість легувальних елементів, основні з яких відображаються в марці сплаву. Наприклад: **АК8М2** – сплав на основі Алюмінію, Силіцію та Міді з відсотковим вмістом:  $Si \approx 8\%$ ;  $Cu \approx 2\%$ , решта – *Al*.

До групи *зміцнюваних сплавів*, що деформуються, відносять також більш високоміцні, ніж дуралюміни, сплави *Al-Cu-Mg-Zn*. Назви марок починаються літерою **В** (високоміцні) – **В94**, **В95**. Характерною особливістю їх є порівняно невеликий вміст Купруму (0,8-2,4%) і Магнію (1,2-2,8%) порівняно з Цинком (5-7%). Цинк, що входить до складу твердого розчину, збільшує ефект старіння і приводить до значного підвищення твердості.

*Незміцнювані сплави* – це сплави на основі *Al-Mg* або *Al-Mn*, які мають достатню міцність і корозійну стійкість. Назву марок таких сплавів прийнято позначати літерами **АМц** (алюміній-марганець) і **АМг** (алюміній-магній), далі слідує цифра, що вказує середній процентний вміст основного легувального елементу. Наприклад: **АМг** – алюміній-магнієвий сплав, що містить близько 6% *Mg*, решта – *Al*; **АМц4** – алюміній-магнієвий сплав із середнім вмістом  $Mn \approx 4\%$ , решта – *Al*.

Сплави на основі *Al-Mg* або *Al-Mn* можуть бути додатково леговані іншими хімічними елементами, що відображується у їхніх марках наступним чином: **АМг4К1,5М** – алюміній-магнієвий сплав із середнім вмістом  $Mg \approx 4\%$ , легований  $Si \approx 1,5\%$  та  $Cu < 1\%$ , решта – *Al*.

*Ливарні сплави* ділять на п'ять типів у залежності від основного легувального елементу – Магнію, Силіцію, Купруму і так далі. Незалежно від приналежності до тієї або іншої групи їх позначають **АЛ** (алюмінієвий ливарний) і умовним номером за ДСТУ.

Таблиця  
Приклади марок деяких алюмінієвих сплавів

Марка дуралюмініну	Основний хімічний склад %				
	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>Mg</i>	<i>Si</i> , не більше	<i>Fe</i> , не більше
<b>Д1</b>	3,8-4,8	0,4-0,8	0,4-0,8	0,7	0,7
<b>Д16</b>	3,8-4,9	0,3-0,9	1,2-1,8	0,5	0,5
<b>Д18</b>	2,2-3,0	<0,2	0,2-0,5	0,5	0,5
<b>Д19</b>	3,8-4,3	0,5-1,0	1,7-2,3	0,5	0,5
<b>Д20</b>	6,0-7,0	0,4-0,8	<0,05	0,3	0,3

Різні хімічні елементи надають алюмінієвим сплавам різних властивостей. Так, сплав Алюмінію з високим вмістом Магнію (марка **АЛ8**) володіє найбільш високими механічними і антикорозійними властивостями серед ливарних сплавів, але ливарні властивості його істотно гірші.

**13. Мідні сплави.** Мідно-цинкові сплави із вмістом Купруму від 55 до 91% називаються *латунями*. Додаток у сплав таких елементів, як Алюміній, Манган та інших підвищує їхню твердість, міцність, впливає на інші параметри.

Латуні знайшли широке застосування в машинобудуванні для виготовлення листів, полос, труб, арматури тощо.

*Деформівні латуні* позначають за ГОСТ 15527-70 літерою **Л**, наступне число вказує процентний вміст Купруму, решта – Цинк. У складних латунях після літери **Л** вказують легувальні елементи, а числа за ними – вміст цих елементів у відсотках. Наприклад: **Л60** – латунь деформівна проста з хімічним складом: 60% *Cu*, решта – *Zn*; **ЛАН 59-3-2** – латунь деформівна багатоконпонентна, що містить 59% *Cu*, 3% *Al*, 2% *Ni*, решта – *Zn*.

*Ливарні латуні* маркують за ГОСТ 17731-80 літерами **ЛЦ**, наступне число вказує процентний вміст *Zn*, решта – *Cu*. В складних латунях літери вказують легувальні елементи, а числа за ними – вміст цього елемента у відсотках. Коли числа не має, то цього компонента – до 1%. Наприклад: **ЛЦ40С** – латунь ливарна, яка містить 40% *Zn*, 1% *Pb*, решта – *Cu*; **ЛЦ38Мц2С2** – латунь ливарна з вмістом 38% *Zn*, 2% *Mn*, 2% *Pb*, решта – *Cu*.

**Бронзи** – це сплави Міді з іншими металами (окрім Цинку), а також з металоїдами. Як компоненти сплаву, застосовують Олово, Алюміній, Берилій, Манган, Плюмбум та інші. Різноманітні бронзи, які мають високу міцність, пластичність, антифрикційні властивості й корозійну стійкість, використовуються в різних галузях техніки.

В машинобудуванні найчастіше застосовують олов'яні, алюмінієві, свинцеві, кременисті та берилієві бронзи.

*Алюмінієві бронзи* перевищують олов'яні механічними властивостями, опором корозії, мають високі антифрикційні властивості, але низькі ливарні властивості та велику усадку (до 2,3%).

*Берилієві бронзи* належать до сплавів, які підлягають гартуванню, мають високу міцність, твердість і пружність при одночасній добрій зварюваності, оброблюваності різанням і високій хімічній стійкості, електропровідності.

*Свинцевиста бронза* має високі антифрикційні властивості та застосовується для виготовлення сильно навантажених підшипників з великим питомим тиском.

*Кремениста бронза* має високу пластичність, добре зварюється, спаюється, задовільно ріжеться, ливарні властивості нижчі від олов'янистих та алюмінієвих бронз.

*Ливарні бронзи* за ГОСТ 493-79 маркуються літерами **Бр**, наступні літери вказують на компоненти, які входять до складу бронзи, а числа вказують процентний вміст даних компонентів і пишуться безпосередньо біля літери компонента, вкінці ставиться літера **Л**, решта – *Си*. Наприклад: **БрА9Мц2Л** – бронза ливарна алюмінієва, яка містить 9% *Al*, 2% *Mn*, решта – *Си*; **Бр09ЦЗСЛ** – бронза ливарна олов'яна, з хімічним складом: 9% *Sn*, 3% *Zn*, до 1% *Pb*, решта – *Си*.

*Деформівні бронзи* за ГОСТ 18175-78 маркуються літерами **Бр**, наступні літери вказують на компоненти, які входять до складу бронзи, числа вказують процентний вміст даних компонентів і пишуться вкінці марки, а між ними ставиться дефіс, решта – Мідь. Наприклад: **БрАЖ9-4** – бронза алюмінієва деформівна, яка містить Алюмінію – 9%, Феруму – 4% решта – Купрум.

**14. Магнієві сплави.** Магнієві сплави, як і алюмінієві, поділяють на: *сплави, котрі піддаються деформаціям* (маркуються **МА**) та *ливарні сплави* (**МЛ**). Так, *Mg-Al* сплав **МА1** має високу технологічну пластичність, здатність до зварювання, корозійностійкий. Використовується для виготовлення

арматури, бензо- та мастилосистем. Сплав **МА14** (*Mg-Zn*) відзначається підвищеними механічними властивостями, жароміцний (до 250°C), використовується для виготовлення сильно навантажених деталей. Сплав **МА2-1** (*Mg-Al-Zn*) має високі механічні властивості, високу технологічну пластичність, зварюваність, хоча більш схильний до корозії.

Серед ливарних магнієвих сплавів найбільш поширені: **МЛ5** та **МЛ6** (*Mg-Al-Zn*), які йдуть на виготовлення навантажених деталей двигунів, корпусів коробок передач, гальмівних барабанів тощо; **МЛ10**, **МЛІ2** (*Mg-Zn*, легований *Zr* та *Nb*) йдуть на виготовлення навантажених деталей автомобілів, які потребують високої герметичності, стабільності розмірів.

**15. Титанові сплави.** Майже всі промислові титанові сплави у своєму складі мають алюміній, наприклад, сплав **ВТ5** (5% *Al*), який добре штампується та кується на відміну від технічного титану. Крім алюмінію, в титанові сплави вводять *Mo*, *V*, *Mn*, *Cr*, *Sn* та у незначних кількостях – *Si*. Широковідомі сплави, що використовуються для штампування й кування **ВТ3-1** (*Ti-Al-Mo-Cr-Si-Fe*), **ВТ5-1** (*Ti-Al-Sn-Mn*), **ВТ14** (*Ti-Al-Mo-V*), **ВТ22** (*Ti-Al-Mo-V-Cr-Fe*) та інші.

Титанові сплави не зміцнюють термічною обробкою, хоча деякі з них піддають рекристалізаційним відпалам. Вони рідко використовуються як ливарний матеріал через легку взаємодію з газами. Титанові сплави використовують в основному там, де потрібно забезпечити високі питому міцність й опір корозії. Для підвищення зносостійкості титан азотують.

**16. Бабіти** – це антифрикційні сплави, які застосовують для заливки вкладишів підшипників. Ці сплави повинні мати помірну твердість, а також повинні бути досить пластичними, утримувати мастило, мати малий коефіцієнт тертя між валом та підшипником.

Найбільш поширені бабіти – олов'яні та свинцеві сплави.

**Олов'яні бабіти Б88 і Б83** – це багатокомпонентні сплави на основі сплаву *Sn-Sb*. Їх використовують у підшипниках потужних турбін дизелів суден, турбо-насосів, турбокомпресорів та інших сильно навантажених механізмів.

**Свинцеві бабіти Б16, БН, БС6** є сплавами *Pb-Sn-Cu-Sb*, які застосовують для менш навантажених підшипників. На залізничному транспорті (підшипники вагонів, у тепловозних двигунах) застосовують кальцієві бабіти **БК** – це сплави *Pb-Ca-Na*, які більш зносостійкі та менш крихкі, ніж свинцево-сурм'яні.

## ХІД РОБОТИ

1. Уважно опрацювати теоретичний матеріал.
2. Познайомитись із Державними стандартами на сплави з кольорових металів.
3. Дати письмові відповіді на контрольні запитання.

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які сплави називають дуралюмінами? Як вони маркуються?
2. Чим алюмієві сплави **АЛ1** відрізняються від **АЛ2**?
3. Розшифруйте марки конструкційних матеріалів:  
*Варіант А: АК6М2, Д19, АМг5К.*  
*Варіант Б: АМц8, АК5, АЛ11.*  
*Варіант В: Д16, АМг6К2, АЛ26.*
4. До яких сплавів відносяться латуні та бронзи?
5. Дайте характеристику сплавам:  
*Варіант А: ЛОЖ68-8-2, ЛЦ7А6, БрОМц6-2, БрА10Н2Л.*  
*Варіант Б: ЛАН68-8-2, ЛЦ706, БрАМг6-2, БрО6К2Л.*  
*Варіант В: ЛКА50-5, ЛЦ16К4, БрАЖМц6-2, БрА10Мц2Л.*
6. Чим відрізняються бронзи **БрКМц3-1** та **БрКН1-3**?
7. Що називають томпаком та яке застосування цього конструкційного матеріалу?
8. Які латуні застосовують для важко навантажених деталей у суднобудуванні?
9. Назвіть основні переваги титанових сплавів.
10. Що таке бабіти?



## МАКРОАНАЛІЗ СТАЛЕЙ ТА ЧАВУНІВ

**Мета роботи:** навчитись проводити макроскопічний аналіз; вивчити методику виготовлення макрошліфів, методи виявлення макробудови й дефектів конструкційних матеріалів.

**Прилади та матеріали:** зразки з нерівномірним розподілом сірки, з дефектами, які порушують суцільність металу, шліфувальний папір, витяжна шафа, водяна баня, фарфорова ванна, мікроскоп, щипці, фільтрувальний папір, глянцеви́й бромисто-срібний фотографувальний папір, реактиви – 5%-ий водний розчин сірчаної кислоти, 20%-ий водний розчин гіпосульфїту, 10-15%-ий розчин азотної кислоти.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

**Макроструктура** – це структура, будова металу, видима неозброєним оком або при невеликому збільшенні (до  $30^x$ ) за допомогою лупи чи мікроскопа.

Існують три основних способи вивчення макроструктури:

1. Перегляд добре відшліфованої та протравленої поверхні готового металевого виробу. В цьому разі виріб не руйнується.
2. Перегляд спеціально підготовлених макрошліфів.
3. Вивчення злому зразка.

Можливості макроструктурного аналізу дуже великі, хоча виконання його досить просте і не потребує складного обладнання. Перевагами макроаналізу є те, що ним можна досліджувати значний об'єм металу – всю деталь чи її основні частини. Макроаналіз дає можливість виявити й визначити дефекти, які виникають на різних етапах виробництва заготовок та виробів.

При контролі й дослідженні зразків макроаналізом можна виявити дефекти, які виникають у результаті, розливання та кристалізації металу. З допомогою цього методу можна виявити також дендритну будову й особливості кристалізації, місцезнаходження, форму й розмір осадкових раковин, тріщин, неметалевих вкраплень, пористість, інші дефекти. При дослідженні катаного та кованого металу макроаналіз дозволяє оцінити ступінь і напрямок волокнистості структури. Досліджуючи метал після термічної або хіміко-термічної обробки з допомогою макроаналізу, можна орієнтовно оцінити товщину поверхневого

шару (загартованого, цементованого та ін.), структура якого відрізняється від структури основного металу, виявити тріщини тощо.

**Відбір і підготовка зразків для аналізу.** Місце та напрямок вирізки зразків із виробу та їх кількість залежить від мети макроаналізу. Для контролю металу злитків, відливок, катаних та кованих заготовок зразки (проби) вирізають у напрямку, перпендикулярному поздовжній осі. Їх називають *темплетами*. При вивченні будови злитку та макроаналізі зварних швів зразки макрошліфів вирізають у поздовжньому напрямку (паралельно поздовжній осі).

**Виявлення макроструктури.** Зерна чистих металів або твердих розчинів мають неоднакове кристалографічне орієнтування. Тому, якщо шліф піддати дії хімічно активного середовища (розчинів кислот, солей, лугів і т. д.), то ступінь травлення окремих зерен виявиться різним. Світловий потік відбивається від різних зерен так, що на ділянках стиків зерен виникає значне розсіювання і відбиті промені не потрапляють в поле зору, тому вздовж меж зерен виникають темні лінії, які і відтворюють картину дійсних стиків між зернами. Цей ефект значною мірою зростає також і тому, що в межах зерен зосереджується багато домішок, наявних у металах та сплавах.

Для виявлення особливостей та дефектів макроструктури різних марок сталі розроблена велика кількість реактивів. Травлять макрошліфи у спеціальних ваннах, встановлених у витяжній шафі.

*Щоб уникнути опіків кислотами, травлення проводять обов'язково в гумових рукавицях! Запам'ятайте, що при змішуванні води та кислоти слід строго дотримуватись правила: кислоту вливати тоненьким струмочком у воду при неперервному помішуванні. Ні в якому випадку не можна воду вливати у кислоту!*

При травленні зразок кладуть у кварцову посудину та заливають травником. Виймають шліф із ванни щипцями. Час травлення залежить від ступеня легування й твердості сталі. Щоб отримати світлу поверхню шліфа з чітко виявленими дефектами, конструкційні сталі після промивання бажано додатково промити 10-15%-им водним розчином хромпіка ( $K_2Cr_2O_7$ ).

Макроаналіз широко використовують для виявлення неоднорідності хімічного складу (*ліквації*) металу. Такі шкідливі домішки в сталі, як Сульфур та Фосфор, часто розміщуються нерівномірно в об'ємі металу та концентруються в окремих його ділянках. Макроаналіз дає повну картину їхнього розміщення, хоча і не дозволяє провести кількісну оцінку. Дія хімічної обробки

дозволяє також якісно визначити й інші макродефекти, які декоруються (фарбуються у різні кольори): так, залишковий аустеніт у сталях набуває жовтуватого кольору, окисли Хрому дають зелений колір, сполуки Мангану – темно-червоний або коричневий тощо.

Оцінка макроструктури. Основні види дефектів, які оцінюють при проведенні макроаналізу .

**1. Центральна пористість** – дрібні пустоти, що не заварились при гарячій деформації злитку. Пористість має вигляд малих та великих темних крапок – пор.(рис.7.1, *а*).

**2. Ліквіація** – неоднорідність металу за хімічним складом, структурою та неметалевими вкраплинами. Розрізняють чотири види ліквіації – крапкова, плямиста, ліквіаційний квадрат або коло, підусадкова ліквіація:

*а) крапкова ліквіація* (рис. 7.1, *б*) виділяється у вигляді дрібних, округлих сильно протравлених заглиблень, що розміщені на усьому перерізу, крім крайової зони;

*б) п'ятниста ліквіація* – загальна та крайова – виявляється у вигляді окремих темних плям різних розмірів та форми. Загальна плямиста ліквіація

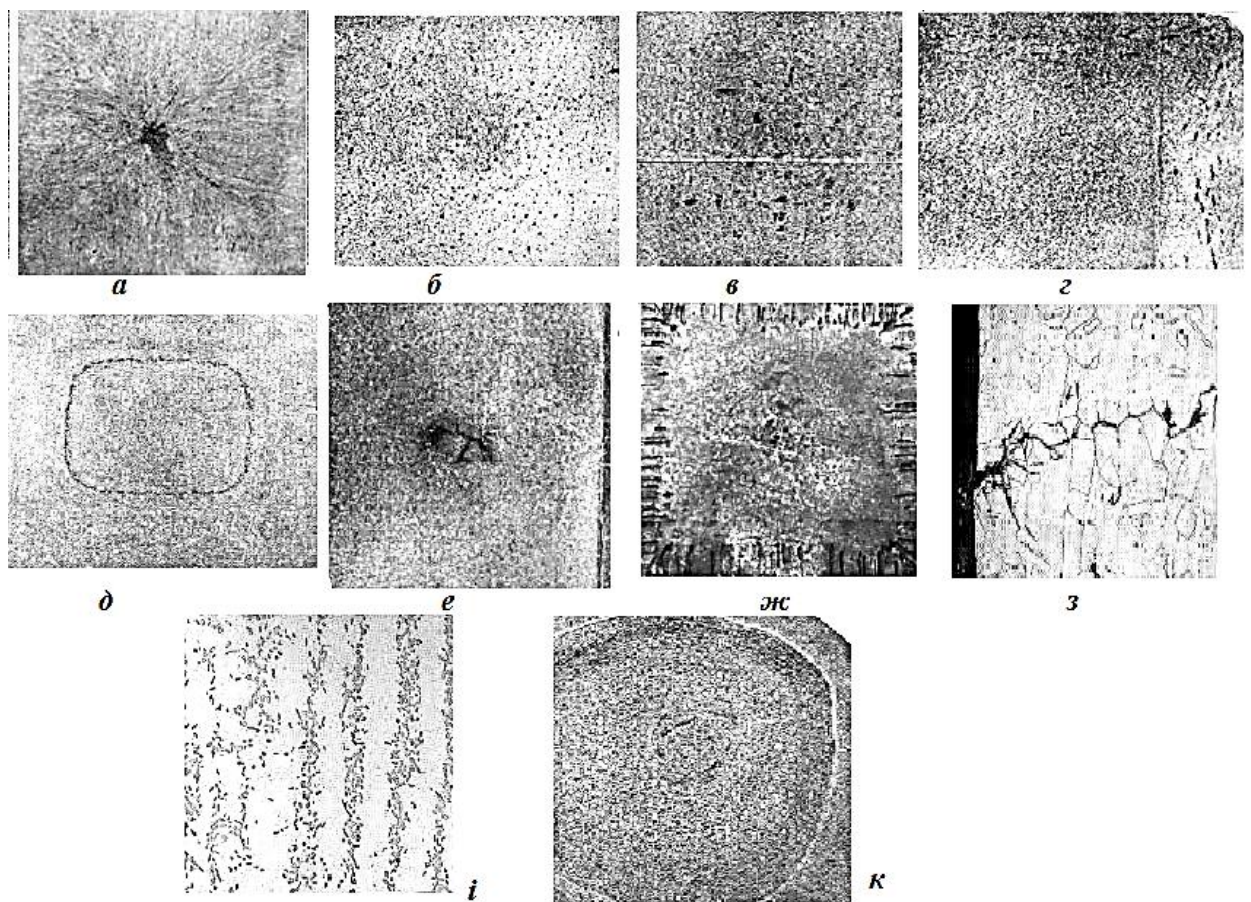


Рис.7.1. Основні види макродефектів

(рис. 7.1, в) – це неупорядковано розміщені перерізом темплета плями. При крайовій плямистій ліквації плями орієнтовні вздовж граней темплета (рис. 7.1, з);

в) *лікваційний квадрат* або коло виявляється у вигляді вузької полоси, яка травиться сильніше іншого металу (рис.7.1, д);

г) *підусадкова ліквація* виявляється у вигляді темних, легко розтравлюваних ділянок у центрі заготовок (рис.7.1, е).

**3. Підкоркові бульбашки** мають на шліфі вид дрібних пустот – пор округлої форми, розміщених поблизу або на поверхні заготовок (рис.7.1, ж).

**4. Міжкристалінні тріщини** (павучки) виявляються у вигляді трьох та більше тонких хвилястих полосок, напрямлених від осі заготовки в різні боки (рис. 7.1, з).

**5. Пошарова кристалізація** – почергові шари металу у вигляді концентричних світлих або темних полосок (рис.7.1, і).

**6. Світла полоса** (контур) – різновид пошарової кристалізації. Це дефект виявляється у вигляді порівняно яскравої концентричної полоски, пониженої здатності до травлення (рис.7.1, к).

## ХІД РОБОТИ

### I. Виявлення ліквації Сульфуру

Для виявлення в сталі ліквації Сульфуру використовується метод Баумана, для виконання якого необхідно:

1. Макрошліф добре відполіруйте, протріть ватою, змоченою спиртом, і покладіть на стіл полірованою поверхнею вгору.

2. Аркуш глянцевого бромисто-срібного паперу вимочіть на світлі протягом 5-10 хв у 5%-му водному розчині сірчаної кислоти, злегка просушіть для видалення надлишку розчину; покладіть емульсійною стороною на макрошліф, зверху ретельно прикладьте для видалення бульбашок газів, які виникають; витримайте на макрошліфі протягом 10 хв; обережно зніміть фотопapіp з макрошліфа.

3. Отримані відбитки промийте у воді, зафіксуйте зображення в 25%-му водному розчині гіпосульфїту не менше 10 хв та знову промийте у воді й просушіть.

*Ділянки коричневого кольору на відбитку вказують на місця, збагачені Сульфуром (скупчення сульфїдів). Якщо ж фотопapіp має рівномірне забарвлення, то Сульфур розподілена рівномірно.*

Отримання темних ділянок у місцях, збагачених Сульфуром, пояснюється тим, що спочатку між сірчаною кислотою, увібраною фотопапером і вкрапленнями  $MnS$  і  $FeS$ , у вигляді яких Сульфур міститься в сталі, виникають реакції:  $MnS+H_2SO_4\rightarrow MnSO_4+H_2S$  та  $FeS+H_2SO_4\rightarrow FeSO_4+H_2S$ . Сірководень, який виникає при цьому, діє на бромисте срібло емульсійного шару, в результаті цього виникає сірнисте срібло, яке має темно-коричневий колір:  $2AgBr+H_2S\rightarrow Ag_2S+2HBr$ .

4. Розгляньте отриманий відбиток і дайте характеристику ліквації Сульфур (відбиток наклеїти до звіту).

**II. Виявлення дефектів, які порушують суцільність металу.** Для виявлення в сталі дефектів, які порушують суцільність металу (тріщини, пори, °С раковини), проводиться глибоке травлення відшліфованого зразка. При глибокому травленні розчину кислотами високої концентрації відбувається розтравлення дефектів, які порушують суцільність металу – вони стають видимі при незначних збільшеннях (до  $30\times$ ).

Для виявлення дефектів необхідно:

1. Відшліфовану поверхню ретельно промити проточною водою.
2. Помістити кварцову ванну у витяжну шафу (бо при травленні виділяються отруйні гази), помістити в неї досліджуваний зразок з вуглецевої сталі та залити 50% розчином соляної кислоти ( $HCl$ ), попередньо нагрівши реактив до температури  $60-65^\circ C$ .
3. Зразок витримати протягом 15-25 хв.
4. Після витримки, зразок за допомогою щипців витягнути з реактиву, промити водою, потім – 10-5%-им розчином хромпіка, ще раз водою й просушити.
5. Розглянути, замалювати характерні ознаки отриманої макроструктуру і дати характеристику виявлених дефектів.

### КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що розуміють під макроструктурою металів?
2. Для чого проводять макроаналіз?
3. Чому метали мають макроструктуру?
4. Чому шляхом хімічного травлення можна виявити макроструктуру металу?
5. Для чого протравлені шліфи бажано промивати 10-15%-им водним розчином хромпіка ( $K_2Cr_2O_7$ )?
6. Що таке ліквація?

7. У чому суть методу Баумана?
8. Що таке «центральна пористість»?
9. Чому в сталях та чавунах виникають ліквіації?
10. Що таке темплети?

## ВИВЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРЕВИНИ

**Мета:** вивчити будову стовбура, головні розрізи, характер поверхні кори, колір, блиск, текстуру та запах деревини поширених порід, структуру та призначення деревовиробів.

**Прилади та матеріали:** зразки деревини, лупа, штангенциркуль або мікрометр, аналітичні терези.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Деревина має шарувато-волокнисту будову. Оскільки в багатьох порід зовнішні ознаки схожі, то будову деревини вивчають на трьох головних розрізах стовбура:

в поперечному або торцевому – впоперек волокон стовбура, в радіальному – вздовж волокон і тангентальному – вздовж стовбура, під деяким кутом до осі волокон. На поперечному (торцевому) розрізі стовбура розрізняють: заболонь (1), ядро (2), серцевину (3), серцевинні промені (4), луб (5), кору (6), річні кільця (7) (рис.8.1.). Річні шари можна спостерігати на всіх розрізах стовбура: на поперечному розрізі – у вигляді концентричних кілець, у центрі яких міститься серцевина; на радіальному розрізі – у вигляді прямих смуг, ширина кожної з яких дорівнює ширині річного шару; на тангентальному – у вигляді ділянок, обмежених параболічними кривими.

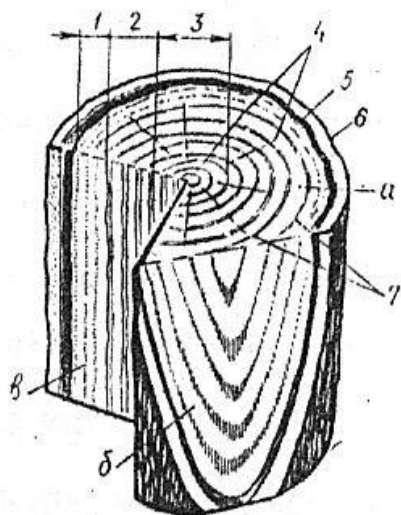


Рис.8.1. Основні розрізи та структура деревини: *a* – поперечний розріз, *b* – тангентальний розріз, *v* – радіальний розріз.

Показником, який характеризує середню ширину річних кілець, є відношення числа річних шарів до довжини, виміряної в радіальному напрямі поперечного розрізу, на якій підраховуються річні кільця, тобто  $n = N/l$ , де  $n$  – кількість кілець на 1 см;  $N$  – загальна кількість річних шарів, підрахованих на зразку;  $l$  – довжина в радіальному напрямі.

Зовнішніми відмінними ознаками деревини є колір, текстура, блиск та запах.

За кольором деревини визначають її якість. Так, рівномірне забарвлення характеризує доброякісність деревини; темні та кольорові смуги вказують на її пошкодження гниллю та цвіллю.

*Колір деревини* змінюється від білого до чорного. Деревина ялини, смереки, липи, осики – білого або злегка жовтуватого кольору; берези, клена, бука – білого з червоним відтінком; дуба, каштана – сіро-бурого; груші, кедра, сосни – блідо-рожевого; горіха – коричнювато-сірого тощо.

*Текстурою деревини* називають малюнок на її розрізах, характерний для кожної породи деревини, який утворюється різним розміщенням волокон, серцевинних променів, видом річних кілець і т.д. (рис. 8.2). У деревини декоративних порід (червоне дерево, клен, грецький горіх, дуб) гарна текстура збігається з приємним кольором та блиском.

Деревина ряду порід (бук, ясень та інші) у природному стані має блиск, який найбільше виражений на радіальній поверхні й залежить головним чином від близько розташованих один до одного серцевинних променів. Чим світліше деревина, тим вона більше блищить. Запах деревини зумовлений ефірними маслами, смолами й дубильними речовинами, які містяться в ній. Деревина хвойних порід має запах скипидару, приємний запах у кипариса, піхти. Деревина листяних порід пахне слабо.

У будівництві, в меблевій промисловості деревина використовується у вигляді лісоматеріалів: дощок, брусів, шпал, колод тощо. Обробка спиляного

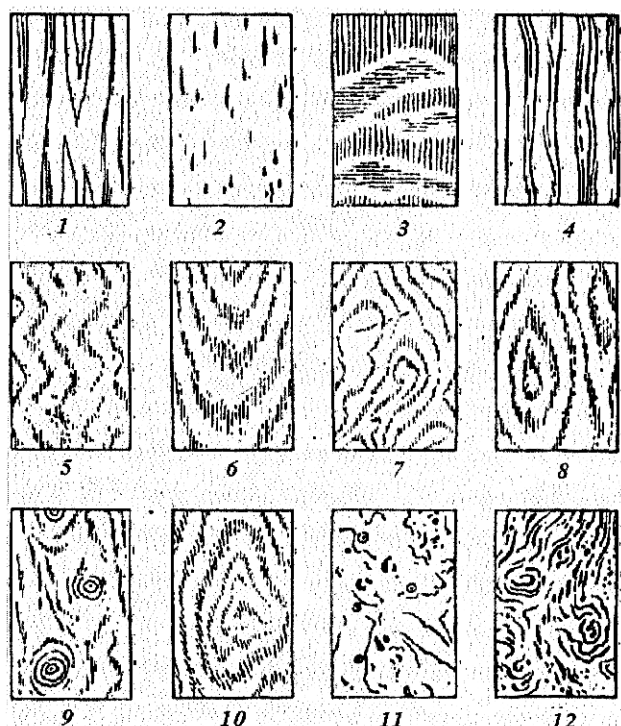


Рис. 18.2. Види текстури деревини: 1 – безтекстурний; 2 – дрібноточковий; 3 – муаровий; 4 – смугастий; 5 – хвилеподібний; 6 – «рогачик»; 7 – криволінійний; 8 – листкоподібний; 9 – сучкуватий; 10 – раковиноподібний; 11 – «пташине око»; 12 – напливний (каповий).



стовбура полягає в очищенні його від кори та сучків з подальшою обробкою на пилорамах, рейсмусових та інших верстатах. Для підвищення стійкості проти гниття її оброблюють креозотом та смолами, а для надання антигорючих властивостей наносять силікатні фарби, рідке скло, інше.

*Фанера* – листовий матеріал, одержуваний склеюванням тонкого шпону (0,5–0,8 мм) деревини, який виготовляється на спеціальних верстатах. Промисловість випускає фанеру 3-х, 5-ти, 7-ми, 9-ти та 11 шарову, загальною товщиною від 1 до 12 мм. Залежно від типу клею та ступеня водостійкості розрізняють такі основні марки фанери: **ФСФ** – на фенолоформальдегідному клею з підвищеною водостійкістю, **ФК** – на карбамідному та **ФБА** – на альбуміноказеїновому клеях із середньою водостійкістю, **ФБ** – на білкових клеях, неводостійкі.

*Деревинно-стружкові плити (ДСП)* виготовляють гарячим пресуванням деревної стружки, насиченої відходами смол та інших зв'язувальних речовин. Ці плити випускаються одношарові марок **ПС-1**, **ПТ-1**, тришарові – **ПС-3**, **ПТ-3** та оздоблені шпоном, фанерою, папером – **ЭМ**, **ЭС**. ДСП знаходять широке застосування у будівництві, меблевій, вагонобудівній промисловостях.

*Деревинно-шаруваті пластики (ДШП)* одержують гарячим пресуванням відходів деревного шпону, насиченого синтетичними термореактивними смолами. Застосовуються як конструкційний звуко-, тепло- й електроізоляційний матеріал.

*OSB-плити* – орієнтовано-стружкові плити (*Oriented Strand Board*) останнім часом набувають все більшого застосування – для обшивання стін, стель, підлог в технології каркасного та індустріального будівництва. OSB-плита поєднує в собі кращі характеристики дерева і високі технічні показники плитних матеріалів. OSB-плита складається з декількох шарів пресованих деревних стружок, причому шари різноспрямовані, що забезпечує підвищені міцнісні якості, а зовнішні шари обов'язково орієнтовані вздовж довгої сторони. За міцністю OSB-плита перевершує аналогічну їй ДСП, має однорідну структуру, однакові зовнішні поверхні. Шари стружок склеюються за допомогою смол, під впливом високого тиску і температури. OSB-плита, завдяки такій будові, не схильна до короблення, розшарування і деформації, має підвищену водостійкість і зберігає якість натурального дерева при відсутності характерних недоліків натуральної деревини – наявності сучків і зміни напрямку волокон у зв'язку з природними умовами росту. OSB-плита – більш міцна і еласти-

чна, ніж фанера, сполучні смоли надають додаткові якості, такі як водостійкість і вогнестійкість.

Залежно від якостей, існують різні види плит: для умов зниженої вологості – OSB-1; а для експлуатації при підвищеній вологості – OSB-3; плити, що витримують високі навантаження – OSB-2.

*Деревинно-волокнисті плити (ДВП)* виготовляють гарячим пресуванням маси з целюлозних волокон, синтетичних полімерів та антисептиків. Розрізняють м'які пористі плити марок **М-4**, **М-12**, **М-20**, напівтверді **ПТ-100**, тверді **Т-350**, **Т-450** та надтверді **СТ-500**. ДВП використовують для облицювання салонів пасажирського транспорту, залізничних вагонів, у будівельній промисловості.

*МДФ* – це деревинно-плитковий матеріал, походить від англійського MDF – MediumDensityFiberboard, що переводиться, як деревинно-стружкова плита середньої щільності. Виготовляється з дуже дрібної деревної тирси, і тому вся структура плити одержується рівномірною. Тирса і дрібні частинки пресуються з використанням в'язучого матеріалу. При виробництві МДФ-плит не використовуються шкідливі для здоров'я епоксидні смоли і фенол. МДФ – це екологічно чистий матеріал, густиною близько  $800 \text{ кг/м}^3$ . МДФ добре піддається обробці, краї деталей виходять рівними і гладкими, придатний для фрезерування. Фасади, виготовлені з МДФ, переносять дію на них пари, не розбухають і не схильні до викривлення, що дозволяє зберегти форму при температурних коливаннях.

*Густина речовини* – це відношення маси зразка до його об'єму. Густина деревини залежить від породи та вологості.

Густина деревини (чи деревинного матеріалу)  $\rho$  визначається за формулою:  $\rho = m/V$ , *дет* – маса зразка, кг;  $V$  – об'єм зразка,  $\text{м}^3$ .

## ХІД РОБОТИ

### *Завдання 1. Вивчити головні розрізи, будову і зовнішні ознаки деревини*

1. Вивчити основні розрізи стовбура дерева. На натуральних зразках послідовно вивчити поперечний, радіальний і тангентальний переріз стовбура різних порід деревини. Звернути увагу на різницю їхньої будови на всіх розрізах, порівняти між собою. При розгляді камбію потрібно користуватися лупою.
2. Для двох зразків деревини визначити число річних шарів на один сантиметр довжини.

3. На основі проведеного спостереження встановити тип текстури деревини на тангентальному розрізі.

4. Визначити породу не менше двох сортів деревини за запахом, кольором, текстурою. Заповнити таблицю.

Номер зразка	Кількість річних шарів	Відстань, см	Кількість річних шарів на 1 см	Тип текстури	Передбачувана порода деревини

\*Кількість річних шарів обрахувати з точністю до десятих.

### **Завдання 2. Вивчення деревоматеріалів**

1. Розглянути видані Вам деревні матеріали. Для кращого ознайомлення із внутрішньою структурою скористайтесь лупою.
2. Визначте густину двох довільних зразків деревних матеріалів та природної деревини. Порівняйте їх.
3. Результати занесіть до таблиці.

Таблиця експериментальних досліджень

Види деревини	Маса зразків, кг	Об'єм зразків, м <sup>3</sup>	Густина деревини, кг/м <sup>3</sup>
<i>Натуральна деревина</i>			
<i>Назва дерево виробу 1</i>			
<i>Назва деревовиробу 2</i>			

### **КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ**

1. Яку внутрішню будову має природна деревина?
2. На якому з розрізів деревини річні кільця мають вигляд прямих смуг, ширина кожної з яких дорівнює ширині річного шару?
3. На якому розрізі деревини річні кільця мають вигляд ділянок, обмежених параболічними кривими?
4. Який показник характеризує середню ширину річних кілець деревини?
5. Як за кольором деревини визначити її якість?
6. Від чого залежить колір деревини?
7. Чому текстура деревини характерна для кожної породи дерева?
8. Чим обумовлений запах деревини? Деревина яких порід найчастіше позбавлена запаху?
9. Яка із фанер : ФСФ, ФК, ФБА, ФБ є найбільш водостійкою?
10. Яка різниця між ДСП та ДШП?

## ВИВЧЕННЯ ВОЛОКНИСТОГО СКЛАДУ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

**Мета:** засвоїти методи розпізнавання волокнистого складу текстильних матеріалів.

**Прилади та матеріали:** зразки тканин різного волокнистого складу, спиртівка, сірники, пінцет, лупа.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

*Тканина* – це конструкційний матеріал, що являє собою полотно, яке отримують унаслідок ткання (відповідного переплетення поздовжніх і поперечних ниток). Процес ткання називають *ткацтвом*, поздовжні нитки – *основою*, а поперечні – *пітканням*. Переплетення основи та піткання відбувається на ткацькому верстаті.

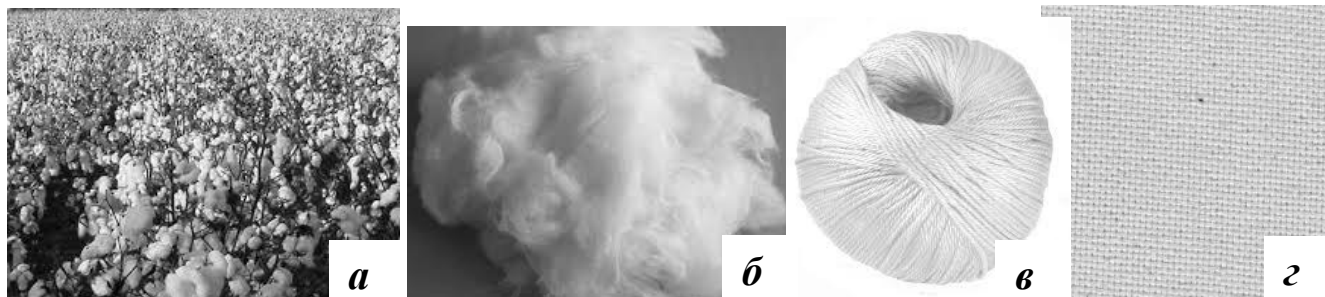
*Прядіння* – це сукупність процесів, внаслідок яких зі щільно спресованих, коротких і тонких волокон отримують неперервну нитку-пряжу певної товщини та міцності. Пряжа утворюється шляхом скручування текстильних волокон.

*Текстильні волокна* – це тонкі, гнучкі й міцні нитки, довжина яких у багато разів перевищує їх поперечний переріз. Волокна *за будовою* поділяють на: елементарні, комплексні (технічні), профільовані, звиті; а *за довжиною* – довгі та штапельовані. *Елементарним* називають одинарне волокно, не поділене на частини в поперечному напрямку. *Комплексне технічне волокно* складається зі з'єднаних елементарних, які за певних умов здатні розщеплюватися на дрібніші волокна, майже до елементарних клітин. *Профільовані волокна* – це хімічні волокна, що мають задані фігурні перетини, сформовані завдяки спеціальним за формою отворам. *Звиті волокна* – це волокна, що мають природну звитість (вовна) або звитість, набуту внаслідок механічної чи теплової обробки (хімічні волокна). *Штапельовані волокна* мають задану довжину: їх отримують шляхом розрізання, розривання хімічних ниток.

**Класифікація волокон.** Загальноприйнятими ознаками класифікації волокон є їх походження та хімічний склад, згідно з цим текстильні волокна поділяють на натуральні та хімічні. Класифікація текстильних волокон подана у таблиці (видається при виконанні роботи).

**Коротка характеристика деяких волокон. Бавовна** – один з основних видів сировини текстильної промисловості. Бавовна – це тонкі волоски, що вкривають насіння бавовника – однорічної теплолюбивої рослини (рис. 9.1. *а*).

Рис.9.1.



Середньоволокниста бавовна дає волокно (рис.9.1, *б*) завдовжки  $28\div 34$  мм, завтовшки  $15\div 25$  мкм. З волокна бавовни виробляють основну масу пряжі (рис.9.1, *в*), яку використовують для виготовлення ситцю, бязі, сатину (рис.9.1, *г*).

Тонковолокниста бавовна дає довге ( $35\div 50$  мм) тонке волокно, яке застосовують для виробництва високоякісної пряжі. З такої пряжі виготовляють тонкі тканини (батист, маркізет тощо), а також швейні нитки, мереживо.

Бавовняне волокно достатньо міцне. Нагрівання волокна до  $150^{\circ}\text{C}$  не змінює його властивостей. При температурі вищій ніж  $200^{\circ}\text{C}$  відбувається деструкція волокна. Гігроскопічність бавовника висока, за нормальних умов достиглі волокна містять  $\sim 9\%$  вологи. При занурюванні у воду, волокна набрякають, їх міцність зростає.

Бавовну широко застосовують у виробництві тканин костюмних, сорочкових, білизняних, трикотажних виробів, швейних та вишивальних ниток, для виготовлення оздоблювальних і прикладних матеріалів.

*Розпізнавальні ознаки:*

- на дотик бавовняні волокна м'які, теплуваті;
- на кінці обірваної бавовняної нитки однородні дуже тонкі волокна;
- до дії лугів – стійкі, кислоти – руйнують бавовняне волокно;
- бавовняні волокна горять без плавлення з запахом паленого паперу, утворюючи попел сірого кольору.

**Льон** є другим після бавовни основним видом рослинних волокон, які застосовують у текстильній промисловості для виготовлення багатьох виробів і тканин: скатертин, серветок, постільної білизни, сорочок, рушників, костюмно-платтяних тканин, а також тканин технічного призначення (рис.9.2).

Довжина технічного льняного волокна коливається в межах 150÷1200 мм, а елементарного – 20÷30 мм. Товщина льняного волокна приблизно така, як і бавовняного.

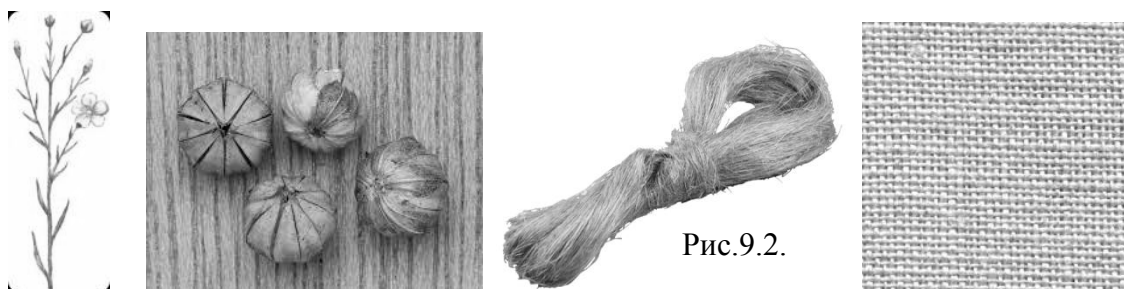


Рис.9.2.

Гігроскопічність льону – 12%, у мокрому стані міцність елементарних волокон – збільшується. Особливістю льону є висока теплопровідність, тому на дотик вироби з нього – завжди прохолодні.

*Розпізнавальні ознаки:*

- лляна пряжа більш неоднорідна за товщиною, ніж бавовняна;
- на дотик, лляна тканина – жорсткіша та прохолодніша, ніж бавовняна;
- на обірваному кінці лляної нитки – неоднорідні прямі гострокінцеві волокна;
- лляні волокна горять без плавлення з запахом паленого паперу, утворюючи попіл сірого кольору; характерно, що льон гірше горить та скоріше гасне, ніж бавовна.

**Вовна** – це волосяний покрив, зістрижений або вичесаний із тварин, який переробляють на пряжу чи повсть (рис.9.3). Волокна вовни мають довжину від 25 до 450 мм. За вмістом волокон розрізняють однорідну (тонку, напівтонку, напівтовсту, товсту) і неоднорідну (напівтовсту, товсту) вовну.



Рис. 9.3.

*Тонка вовна* складається з тонких 14÷25 мкм волокон пуху. Її використовують для виготовлення високоякісних тканин, трикотажних виробів. *Напівтонка вовна* характеризується товщиною від 25 до 34 мкм, складається з товстого пуху або перехідного волосу. Використовується для виготовлення найтонших костюмних, платтяних тканин і трикотажних виробів. *Товста вовна* характеризується товщиною від 40 до 67 мкм. Складається з пуху,

перехідного волосу, ості, мертвого волосу. Ця вовна має низьку якість, використовується в основному для виготовлення товстосуконних тканин.

Міцність вовняного волокна залежить від його товщини. Порівняно з волокнами рослинного походження міцність вовняних волокон менша. Вовняне волокно характеризується також великим еластичним видовженням, яке дає змогу вовняному волокну після зняття деформації набувати початкової форми.

Гігроскопічність вовни  $\sim 15\%$ . Обробка водою з температурою  $>110\text{ C}$  знижує міцність вовни на  $5\div 15\%$ . Вовняне волокно характеризується особливою стійкістю до сонячних променів, воно більш стійке, ніж бавовняне, льняне та всі інші волокна.

*Розпізнавальні ознаки:*

- чисто вовняні тканини мають нерізкий блиск, не дуже зминаються;
- теплуваті на дотик;
- неорганічні кислоти в невеликих концентраціях на вовняне волокно не діють, а луги їдкі навіть у невеликих концентраціях руйнують його;
- вовна горить повільно, розплавляючись та скручуючись в напрямку від полум'я, з запахом паленого пір'я або рогу, а після спалення утворюють крихку чорну кульку, що легко розтирається в порошок.

**Натуральний шовк** – це тонкі нитки, які виготовляють із коконів, закручених гусеницями тутового або дубового шовкопрядів (рис.9.4).

Коконна нитка складається з двох шовковин. Довжина коконної нитки дуже велика – до 1000 м і більше. Товщина коконної нитки в середньому становить  $16\div 30$  мкм.

Шовк пружний. Тонка і гладенька шовкова нитка легко ковзає. Нагрівання робить шовк жорстким та крихким, внаслідок чого порушується його міцність та інші цінні якості. До дії сонячного світла шовкові волокна чутливіші, ніж бавовняні та вовняні. Шовк гігроскопічний. Нормальний вміст вологи в шовковій нитці 11%. Однак шовк, як і вовна, може всмоктувати з повітря до 30% вологи. Вологий шовк швидко сохне, хоч і має високу гігроскопічність. Шовк стійкий до дії мікроорганізмів.





*Розпізнавальні ознаки:*

- тканини з натурального шовку мають приємний нерізкий блиск;
- тканини з натурального шовку м'які;
- обірваний кінець натурального шовку має вигляд зв'язаного пучка волокон;
- кінець нитки штучного шовку має вигляд пензлика з волокон, що розлітаються в різні боки;
- кислоти і луги легко руйнують шовкові волокна;
- натуральний шовк горить як і вовна – повільно, розплавляючись та скручуючись в напрямку від полум'я, з запахом паленого пір'я; після спалення утворюють крихку чорну масу, що легко розтирається в порошок.

**Хімічні волокна** поділяють на штучні та синтетичні. **Штучні волокна** отримують із природних полімерів. Так, *штучні органічні волокна* одержують з деревної целюлози, варячи ялинові тріски в розчині бісульфіту кальцію. Основні з них – віскозні та ацетатні.

**Віскозні волокна** ребристі за довжиною та мають різну форму в поперечному перерізі. Віскозні волокна гладенькі, з сильним блиском, в тканинах дуже слизькі, розсовуються, на зрізах осипаються. Довжина віскозних волокон

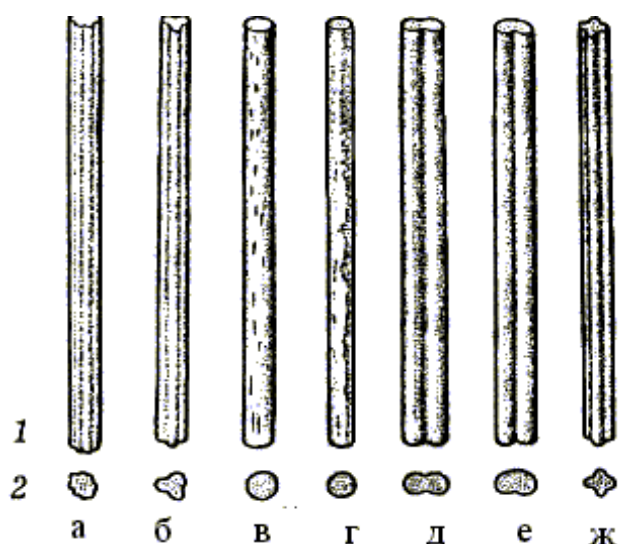


Рис. 9.5. Хімічні волокна під мікроскопом: 1 – поздовжній вигляд; 2 – поперечний зріз; а – віскозне волокно; б – ацетатне; в – капронове; г – лавсанове; д, е – нітронове; ж – хлоринове.

може бути досить різною. Товщина елементарних волокон становить 25÷60 мкм. Нитки з тонких волокон цінніші, ніж з грубих.

Міцність віскозного волокна вдвічі менша, ніж волокна натурального шовку. У мокрому стані міцність віскозного волокна зменшується у 2 і більше разів. Гігроскопічність віскозних волокон за нормальних умов ~11%. Нагрівання до 120°C волокно переносить без зміни своїх властивостей, легко загоряється при 180°C

**Ацетатні волокна** гладенькі, в тканинах слизькі, нитки зміщуються,



на зрізах осипаються. Ацетатні волокна тонші від віскозних. Ацетатне волокно має більшу ребристість за довжиною, ніж віскозне. Міцність менша, ніж у віскозних. Гігроскопічність теж менша і становить  $6\div 7\%$ . У мокрому стані волокна збільшують ступінь зминання, тому під час прання вироб з ацетатних волокон не можна виварювати та викручувати. При нагріванні більше  $170\text{ C}$  ацетатне волокно руйнується.

Застосовуються для виготовлення різних платтяних, підкладкових тканин, штапельного волокна.

*Розпізнавальні ознаки:*

- блиск віскозних волокон яскравий, блиск у ацетатних волокон приємніший, нагадує блиск натурального шовку;
- пружність ацетатних волокон вища, ніж віскозних, внаслідок чого швейні вироб з ацетатного шовку менше зминаються;
- віскозні волокна не стійкі до дії кислот і, навпаки, стійкі до дії лугу;
- ацетатні синтетичні волокна горять з плавленням при цьому створюють запах оцту, після згоряння утворюється чорна кулька неправильної форми, яка легко роздавлюється.

Значного застосування набули також штучні неорганічні **скляні волокна**. Їх отримують розплавленням силікатного скла в електропечах з подальшим витягуванням та утворенням тонких скляних ниток ( $1\div 20\text{ мкм}$ ). Скляні нитки характеризуються високою міцністю, гнучкістю, світлостійкістю, а тканини з них – вогнестійкі та володіють добрими електро- й звукоізоляційними властивостями. Використовують скляні волокна для виробництва декоративних тканин та теплоізоляційних матеріалів.

*Розпізнавальні ознаки:*

- скляне волокно має характерний блиск скла, на дотик прохолодне;
- хімічно стійке, розчиняється лише у плавиковій кислоті;
- слабо реагує на дію відкритого полум'я.

**Синтетичні волокна** отримують із природних мономерів шляхом полімеризації або поліконденсації.

Короткі характеристики деяких *синтетичних органічних волокон*.

**Капрон** – найбільш поширений поліамідний текстильний матеріал, його одержують з продуктів переробки кам'яного вугілля. Капронове волокно має гладеньку поверхню з круглим поперечним перерізом, зовні нагадує штучне волокно. Міцність капрону перевищує міцність усіх штучних та більшості

натуральних волокон. Гігроскопічність низька, що впливає на властивості тканин. За нормальних умов вологість волокон становить ~3,5%. При температурі 150°C капрон розм'якшується, а при 210°C – плавиться.

З капрону виробляють легкі тканини і трикотаж, добірне мереживо, стрічки, тасьму, штучний каракуль тощо. Капронове волокно використовують у суміші з бавовною і вовною для виготовлення платтяних, костюмних та пальтових тканин.

*Розпізнавальні ознаки:*

- капронові волокна і тканини з них мають підвищений мерехтливий блиск;
- розчиняється в концентрованих мінеральних кислотах, оцтовій кислоті, фенолі, 50% мурашиній кислоті;
- стійкі до органічних розчинників: бензину, уайт-спіриту, бензолу тощо;
- при підпалюванні, спочатку плавиться, а потім горить слабким блакитно-жовтим полум'ям з виділенням білого диму і запаху сургуча;
- після виведення волокон із полум'я горіння припиняється, а на кінці застигає темно-сіра досить тверда кулька.

*Лавсан* – поліефірне волокно, сировиною для нього є продукти переробки нафти. Лавсанове волокно буває блискучим або матовим, суровим або забарвленим.

Характерними властивостями лавсану є легкість, пружність, міцність, морозостійкість, молестійкість. За формостійкістю та незминальністю ці волокна посідають перше місце серед текстильних волокон.

Гігроскопічність лавсану у 10 разів нижча, ніж капрону. Нагрівання переносить краще, ніж поліамідні волокна, розм'якшується лише при 235°C.

Лавсанові волокна використовують у чистому вигляді та в суміші з вовною, бавовною, льоном і різними хімічними волокнами. З пряжі з лавсаном виготовляють різні тканини, нетканні матеріали, трикотаж, штучне хутро.

*Розпізнавальні ознаки:*

- за зовнішнім виглядом лавсанове волокно не відрізняється від інших хімічних волокон;
- розчиняється концентрованими кислотами та лугами;
- при внесенні у полум'я – плавиться, горить слабо жовтуватим полум'ям, коптить, утворюючи чорну тверду кульку.

*Синтетичне волокно нітрон*, яке є продуктом переробки кам'яного вугілля, нафти або газу за зовнішнім виглядом важко відрізнити від високо-

якісної вовни, а комплексні нитки нагадують натуральний шовк. Поверхня ниток гладенька з гантелеподібним поперечним перерізом.

Міцність у вологому стані майже не змінюється, пружність висока, гігроскопічність низька, при нормальних умовах волокно нітрон містить ~1% вологи. До дії сонячних променів волокна нітрон стійкіші, ніж поліамідні.

Нітронове волокно використовують у чистому вигляді для виготовлення високооб'ємної пряжі, з якої виготовляють вовняноподібні тканини, а також трикотажні вироби, які нагадують вироби з ангорова волокна. Широко застосовують нітрон у суміші з вовною для виготовлення платтяних, пальтових тканин, а також верхнього трикотажу. Крім того, нітрон використовують для виготовлення спецодягу, штучного хутра, килимів, ковдр, гардин, брезенту та інших технічних виробів.

*Розпізнавальні ознаки:*

- на дотик – найбільш м'яке, шовковисте тепле синтетичне волокно;
- нітрон стійкий до більшості кислот, органічних розчинників, плісняви, його не точить міль, однак – руйнується лугами;
- при температурі >200 С він розм'якшується, горить жовтим кіптявим полум'ям, утворюючи кульку, яка руйнується.

**Полівінілхлоридні (ПВХ) волокна** – це волокна, які отримують із полімера – полівінілхлориду. Він відрізняється від усіх хімічних волокон тим, що не має блиску, легко електризується. Міцність та гігроскопічність – низька. ПВХ волокна – морозостійкі, стійкі до мікроорганізмів, плісняви. Обробляти тканини з ПВХ волокон на пароповітряному манекені, пресі або праскою не дозволяється.

Модифіковане ПВХ волокно, виготовлене з перхлорвінілу, називають **хлорином**. Його властивості – схожі. Гігроскопічність цих волокон дуже низька – 0,1%.

З ПВХ волокон в суміші з вовною виготовляють вироби верхнього трикотажу, пальтові та платтяні тканини, килими, а також фільтрувальні тканини типу байки та сукна. Додавання хлорину зменшує горючість текстильних матеріалів.

*Розпізнавальні ознаки:*

- стійкі до мінеральних кислот (окрім плавикової), лугів та спиртів;
- волокна розчиняються у трихлоретилені та перхлоретилені, втрачають міцність в уайт-спіриті;
- не горять, у полум'ї стискаються, виділяючи запах хлору.

**Увага!** Більшість сучасних тканин – неоднорідні за волокнистим складом, що надає їм властивостей, яких не можна досягти при використанні однорідних волокон. Так, змішані бавовняні тканини виготовляють із пряжі, одержаної з бавовни в суміші з іншими видами ниток – віскозних, капронових, ацетатних тощо. У льняних тканинах переважно присутня льоно-лавсанова або льоно-віскозна пряжа. Шовкові текстильні полотна виробляють з ниток натурального та штучного шовку, можливе додавання синтетичних ниток та навіть бавовняних волокон.

Розпізнавання волокнистого складу текстильних полотен проводять різними способами і в певній послідовності. Спочатку органолептично визначають можливу приналежність до асортименту бавовняних, лляних, вовняних, шовкових чи синтетичних тканин. Потім, досліджують нитки основи та підкання за характером горіння. Більш точні результати одержують при проведенні лабораторних мікроскопічних досліджень волокон та шляхом взаємодії волокон із хімічними реагентами.

На результат органолептичних досліджень можуть впливати оздоблення текстильних матеріалів. Тому для більш точного визначення складу перед дослідженнями зразки слід промивати у спеціальному розчині, що видаляє барвники та апрети. *Апрети* – це різноманітні речовини, якими просочуються текстильні матеріали (крохмаль, клей, синтетичні смоли тощо), що надають матеріалам жорсткість, немнучку, безусадочну властивості, вогнестійкість та інші.

## ХІД РОБОТИ

1. Засвоїти органолептичний метод розпізнавання волокнистого складу тканин.

Для цього дослідіть подані зразки тканин:

- а) за зовнішнім виглядом – блиск, колір, прозорість, ворсистість;
- б) на дотик – теплі чи прохолодні, гладкість, м'якість, жорсткість, незмінальність;
- в) за виглядом ниток основи та підкання, за виглядом обірваного кінця ниток (використовуйте лупу).

2. Дослідіть нитки основи та підкання за характером горіння. Для цього вилучіть із зразків тканин №№ 1,2,3,4 та ще 2 довільних зразки на Ваш вибір по одній нитці основи та підкання. Взявши кожен нитку з допомогою пінцету

за кінець і внесіть повільно в полум'я спиртівки. Потримавши 2-3 секунди, повільно винесіть з полум'я. Дані таких спостережень занесіть в таблицю 1.

Таблиця 1. Визначення волокнистого складу текстильних матеріалів.

№ з/п	Зовнішній вигляд	Дотик	Обірваний кінець	Поведінка волокон при внесенні в полум'я	Характер горіння	Запах	Залишок	Передбачуваний волокнистий склад
1.								
2.								
3.								

3. На підставі вивчення теоретичного матеріалу заповнити таблицю 2 із хімічної взаємодії волокнистих матеріалів (оберіть для себе такі типи волокон, які Ви дослідили).

Таблиця 2. Характерна взаємодія волокон різної природи з хімічними реагентами

Тип волокна	Взаємодія з неорганічними кислотами	Взаємодія з органічними кислотами	Взаємодія з лугами	Взаємодія з органічними розчинниками	Взаємодія з іншими хімічними речовинами

### КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке волокно? Як поділяються волокна за походженням?
2. Як поведуться натуральні волокна при спалюванні?
3. Якими дослідженнями можна відрізнити бавовняну тканину від лляної?
4. Як відрізнити тканину з натурального шовку від лавсанової?
5. Які принципові відмінності мають капронові та ПВХ волокна?

## ВИВЧЕННЯ ШТУЧНИХ ТА СИНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

**Мета:** Вивчити особливості різних пластиків, їх зовнішній вигляд, способи розрізнення та галузі застосування.

**Прилади та матеріали:** Зразки пластичних матеріалів та виробів із них, лупа.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

**Пластичні маси.** *Пластмаси* – це штучні матеріали, які одержують на основі природних або синтетичних органічних полімерних речовин, введенням у них наповнювачів, пластифікаторів, стабілізаторів та пігментів (барвників). Пластмаси при нагріванні розм'якшуються, стають пластичними так, що дією тиском їм можна надавати задану форму, яка зберігається після охолодження. Властивості пластмас залежать від складу, тобто від виду та кількісного співвідношення складових, що дозволяє у достатньо широких межах варіювати їхніми фізико-технологічними характеристиками. Основний недолік пластмас – невисока теплостійкість, низькі межа пружності та ударна в'язкість, схильність до старіння.

За характером вихідного полімера пластмаси поділяють на *термопластичні* (термопласти), які одержують із термопластичних полімерів та *термореактивні* (реактопласти) – на основі термореактивних смол.

**Термопласти** зручні для переробки у виробі, оскільки дають незначну усадку при твердненні (<2,6%), характеризуються малою крихкістю, достатньо пружні. Основні з них:

**Поліетилен** – продукт полімеризації газу етилену. За густиною поділяється на поліетилен низької та високої густини. Чим вища густина поліетилену, тим кращі його механічна міцність та теплостійкість. В цілому поліетилен має низьку теплостійкість, тому його з успіхом можна використовувати в діапазоні температур від  $-70\text{ C}$  до  $+100\text{ C}$ . Поліетилен хімічно стійкий, при кімнатній температурі не розчиняється у жодному з відомих розчинників, при нагріві – стійкий до води, ацетону, спирту.

**Полівінілхлорид** – майже аморфний полімер, що володіє низькою температурою розкладання та досить крихкий, тому в чистому вигляді майже не використовується. Для підвищення пластичності вводять пластифікатори, одержуючи *пластикат*, а для запобігання від розкладання – стабілізатори,

одержуючи **вініпласт**. Пластикат використовується як ізоляційний матеріал, йде на виготовлення лінолеуму, штучної шкіри. З вініпласта виготовляють листи, труби, ємності для хімічної та нафтопереробної промисловості.

**Поліпропилен** – одержують полімеризацією пропилену – це твердий нетоксичний матеріал з високими фізико-механічними властивостями, витримує температуру до +150 С, але має занижену морозостійкість – до –15 °С).



**Полістирол** – твердий, жорсткий, прозорий, аморфний полімер, володіє високими діелектричними властивостями. Основні недоліки полістирола – крихкість, схильність до старіння та утворення тріщин. Для усунення цих вад в полістирол вводять каучук. Полістирол хімічно стійкий до кислот та лугів, нерозчинний у воді, спирті, бензині, він найбільш стійкий серед усіх термопластів до радіоактивного випромінювання.

**Полікарбонат** – відзначається високою тепло- та морозостійкістю, низьким водопоглинанням, має малу й рівномірну усадку при твердненні, що дозволяє виготовляти деталі високого класу точності, хороший діелектрик.

Властивості та застосування деяких, найбільш поширених термопластів, подано в таблиці 10.1.



Таблиця 10.1

**Властивості та застосування деяких, найбільш поширених термопластів**

Види пластмас, їх маркування та позначення	Застосування	Безпека	Здатність до переробки
<b>Поліетилентерефталат:</b> ПЭТ або PET 	Дешевий, завдяки чому зустрічається практично повсюдно. У ній містяться більшість напоїв, рослинних олій, кетчупів, спецій, косметичних засобів.	Підходить тільки для одноразового застосування. При повторному застосуванні можуть виділятися фталати – ефіри фталевої та фосфорної кислот.	Добре піддається переробці
<b>Поліетилен високого тиску:</b> ПВД, або HDPE, або PE-HD 	Дешевий, легкий, стійкий до температурних дій (діапазон від –80 до +110 С). З нього виготовляється одноразовий посуд, контейнери для харчових продуктів, пляшки для косметичних засобів,	Вважається відносно безпечним, хоча з нього може виділятися формальдегід – канцерогенна речовина, що призводить до дисфункції печінки.	Дуже добре піддається переробці.

	фасувальні пакети, сумки, іграшки тощо.		
<b>Полівінілхлорид:</b> ПВХ або PVC 	Виготовляють віконні профілі, елементи меблів, плівки для натяжних стель, труби, скатертини, підлогові покриття, тару для технічних рідин тощо.	Заборонений для харчового застосування. У нім містяться бісфенол-А, вінілхлорид, фталасти, а так само можуть міститися ртуть і (або) кадмій. Канцероген вінілхлорид здатний проникати у продукти харчування.	Підлягає утилізації, внаслідок якої утворюються діоксини (самі сильні яди) та інші сильно токсичні речовини. <i>Категорично забороняється спалювати!</i>
<b>Поліетилен низького тиску:</b> ПНД, або LDPE, або PE-LD 	Дешевий і поширений матеріал з якого виготовляють більшість пакетів, сміттєвих мішків, компакт-дисків, лінолеуму.	Відносно безпечний для харчового застосування, в окремих випадках може виділяти формальдегід. Поліетиленові пакети не такі небезпечні для здоров'я людини, наскільки небезпечні для екології планети.	Добре піддається переробці, може утилізуватись
<b>Поліпропилен:</b> ПП або PP 	Міцний і термостійкий пластик, з якого виготовляються харчові контейнери, упаковки для продуктів харчування, шприци, іграшки. <i>Поліпропилен є одним з найбільш екологічно чистих і безпечних матеріалів серед усіх полімерів.</i>	Досить безпечний, але за певних умов може виділяти формальдегід	Підлягає утилізації



<p><b>Полістирол: ПС</b> або PS</p> 	<p>Дешевий і простий у виробництві пластик, з якого зроблений майже увесь одноразовий посуд, лоточки під м'ясо, контейнери для їжі, іграшки, декоративні плитки для облицювання поверхонь.</p>	<p>Може виділяти стирол, який у газовому стані подразнює слизисті оболонки, може призвести до захворювань ротової порожнини та очей</p>	<p>Підлягає утилізації, при горінні виділяє токсичні речовини. <i>Забороняється спалювати!</i></p>
<p><b>ПоліКарбонат та суміші різних пластиків: О або OTHER</b></p> 	<p>До цієї групи входять пластмаси що не отримали окремих номер. З них виготовляються пляшки для води, упаковки, іграшки, корпуси електроприладів: пылесосів, ручних дрелей тощо.</p>	<p>Містять бісфенол-А, точніше деякі з них містять, а деякі пластмаси з цієї групи, навпаки, відрізняються підвищеною екологічною чистотою.</p>	<p>Підлягає утилізації</p>

Крім цього значного застосування набули:

**Органічне скло** – прозорий аморфний термопласт на основі складних ефірів органічних кислот. Досить легкий матеріал, володіє високою стійкістю до атмосфери, оптично прозорий, добре пропускає ультрафіолетове проміння, стійкий до кислот, лугів, мастил, але розчиняється у ефірах, органічних кислотах, деяких вуглеводнях, при температурі  $>100^{\circ}\text{C}$  проявляє пластичність, тому легко формується у різні деталі.

**Поліаміди** – це група пластмас з відомими назвами: капрон, нейлон, анід й інші. Поліаміди – це полімери, які кристалізуються. Їхні властивості досить близькі: низька густина, низький коефіцієнт тертя, удароміцні, здатні поглинати вібрацію, стійкі до лугів, бензину, більшості спиртів. Основні недоліки – гігроскопічність та схильність до старіння. Із поліамідів виготовляють шестерні, втулки, підшипники, болти, гайки, деталі ткацьких верстатів, використовується у електротехнічній промисловості та медицині.

**Фторопласт-4** – термічно й хімічно стійкий насичений полімер. Може використовуватись до  $+250\text{ C}$  (руйнується лише при  $+415\text{ C}$ ), стійкий до дії розчинників, кислот, лугів, окислювачів, не змочується водою, найбільш якісний діелектрик. Температура склоподібного стану  $-120\text{ C}$ , хоча навіть при  $-269\text{ C}$  не стає крихким. Руйнується лише під дією розплавлених лужноземельних металів та елементарним фтором. Використовується для виготовлення труб, яки-

ми подаються хімікати, вентилів, кранів, прокладок, ущільнювачів, як антифрикційний матеріал для підшипників, тощо.

**Фторопласт-3** є кристалічним полімером, відрізняється від фторопласту-4 введенням у молекулярну будову атома хлору, від чого понижуються діелектричні властивості, але з'являється пластичність чим покращується оброблюваність. Інтервал робочих температур від  $-105\text{ C}$  до  $+70\text{ C}$ . Використовується як низькочастотний діелектрик, йде на виготовлення труб, клапанів, як захисний матеріал для металів.

**Термореактивні полімери** після тверднення дають значну усадку (до 13%), досить крихкі. Вироби із термореактивних пластмас повторній переробці не підлягають. Для практичного використання у термореактивні полімери вводять підсилювачі та наповнювачі. За видом такого наповнювача пластмаси поділяють на:

**Порошкові** або **прес-порошки** являють собою композиційні матеріали найчастіше на основі фенолоформальдегідної смоли з наповнювачами у вигляді деревної, целюлозної та кварцевої муки, азбесту, графіту. Із них виготовляють деталі електротехнічного призначення (розетки, вимикачі, патрони, інше), несилкові деталі для машинобудування (кнопки, ручки, маховички, тощо).

**Волокніти** – композиції з волокнистого наповнювача у вигляді відходів бавовняного виробництва насичених фенолоформальдегідними смолами. Волокніти доволі крихкі, з них не можна пресувати дрібногабаритні та тонкостінні деталі. Використовують для масивних деталей загальнотехнічного призначення з підвищеною стійкістю до ударних навантажень, що працюють на згин та кручення (флянци, шків, шестерні, маховики, втулки).

**Скловолокніти** – скловолокнистий наповнювач, зв'язаний синтетичними смолами. Характеризуються високими електроізоляційними та механічними властивостями, погано механічно обробляється. Використовують для виготовлення деталей кузовів автомобілів, лодок, корпусів приладів, як діелектрик та йде на виготовлення друкованих плат для радіотехнічної промисловості.

**Азбоволокніти** містять як наповнювач азбест – волокнистий мінерал, який легко розщеплюється на тонке волокно, основний полімер – фенолоформальдегідна смола. Основні переваги азбоволокніту – підвищена теплостійкість (витримують температуру  $> 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), удароміцність, стійкий до кислих середовищ, має високі фрикційні властивості. Основне застосування – матеріал гальмівних пристроїв (накладки, диски, колодки тощо).

**Гетинакс** – це різновид шаруватого пластика, який одержують на основі фенольних, аніліноформальдегідних і карбамідних смол та різних сортів паперу. Випускається у вигляді листів, труб, заготовок. Листові наповнювачі надають матеріалу анізотропності. Витримує температуру до 140 С, стійкий до дії хімікатів, розчинників, харчових продуктів. Залежно від якості наповнювача випускається електротехнічного призначення (як діелектрик) та декоративний, що може мати текстуру, схожу на деревину.

**Текстоліт** виготовляється із термореактивних смол, наповнювач – бавовняна тканина. Серед шаруватих пластиків володіє найбільшою здатністю поглинати вібрації, чинить значний опір роз'єднанню (розколюванню). У залежності від призначення вони поділяються на конструкційні (ПТК, ПТ, ПТМ), електротехнічні (ЕПТ, ЕПТМ), гнучкі.

**Газонаповнені пластмаси** представляють собою гетерогенні дисперсні системи, що складаються з твердої (еластичний полімер) та газоподібної (газонаповнювач) фаз. Розрізняють дві основні групи таких пластиків:

- 1) **пінопласти** – матеріали з комірчастою структурою, у яких бульбашки газу ізольовані одна від одної та від навколишнього середовища зв'язувальним полімером;
- 2) **поропласти** – пластики з відкритою пористою структурою.


**Пінопласти** – дуже легкий матеріал (густина до  $0,2 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>), має високі теплоізоляційні властивості, механічна міцність низька, але їхні властивості значною мірою залежать від густини матеріалу та властивостей зв'язуючого полімеру. Так, пенополістирол використовується при температурах  $\pm 60$  С, а фенолокаучукові пінопласти витримують температуру до +160 С. Введенням в пінопласти алюмінієвої пудри вдається збільшити робочу температуру до +250 С. Основне застосування – теплоізоляція холодильників, рефрижераторів, приладів, будинків. **Поропласти** – високоеластичний матеріал, володіє сильним водопоглинанням. Використовується для теплозахисту у суднобудівній та авіаційній промисловостях, м'які еластичні покриття сидінь у транспорті тощо.

## ХІД РОБОТИ

1. Огляньте одержані зразки пластиків. Порівнюючи їхній зовнішній вигляд з теоретичними даними про особливість кожного виду пластиків, переконайтесь, що підписи на них відповідають опису загальних ознак.

- Визначте до якого виду пластиків найімовірніше відносяться не підписані зразки.
- Опишіть кожен з видів пластиків, що Ви отримали, оформивши таблицю:

Таблиця 1

Назва пластика, або найбільш імовірна назва	Умовне позначення	Зовнішні ознаки: колір, структура, вигляд зрізу, блиск тощо.	Застосування	Якщо пластик не розпізнано, то поясніть з допомогою яких досліджень це можна зробити
Наприклад: <b>Полістирол</b>	 <b>ПС або PS</b>	<i>Напівпрозорий або майже непрозорий.</i>	<i>Одноразовий посуд, лоточки під м'ясо, контейнери для їжі, іграшки і т.д.</i>	

- Дайте письмові відповіді на контрольні запитання.

### КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- Чим принципово відрізняються термопласти від реактопластів?
- Які найбільш принципові відмінності характерні для поліпропілену та полістиролу?
- Високоочищений поліетилен зовні дуже схожий до органічного скла. Якими дослідженнями можна переконатись про природу даних пластиків?
- У чому різниця між фторпластом-3 та фторпластом-4? Як дана різниця відбивається на застосуванні даних пластиків?
- Чим суттєво відрізняються гетинакси від текстолітів?
- Перелічіть основні характеристики скловолонітів.
- Якими основними властивостями володіють поліаміди? Які матеріали відносяться до поліамідів?
- Яке основне застосування прес-порошків?
- Чи є переваги у органічного скла порівняно з натуральним?
- Який із пластиків володіє найбільшою здатністю поглинати вібрації? Яке його застосування?

## КЛАСИФІКАЦІЯ, МАРКУВАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ДЕРЕВИННИХ МАТЕРІАЛІВ

**Мета:** засвоїти методи розпізнавання деревинних матеріалів, вивчити їх класифікацію.

**Прилади та матеріали:** зразки деревинних матеріалів, лупа.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

*Модифікована деревина* – це натуральна деревина, піддана відповідній обробці, під дією якої змінюється природна будова деревини. А деревинна композиція – це поєднання деревини і в'язучої речовини, комбінація деревинних і недеревинних матеріалів. Найбільшого вжитку набули саме деревинні композиції, а не натуральна деревина. Серед них:

**Шпон** – це тонкі зрізи натуральної деревини, які мають колір і текстуру деревини. Безперечною перевагою такого матеріалу є те, що він зберігає натуральний малюнок дерева. Шпон – це основний напівфабрикат який служить для виготовлення шаруватої деревини (фанери) та як декоративний матеріал для оздоблювання деревинно-стружкових плит (ДСП). Шпон отримують двома основними способами: *луценням* та *струганням*. *Луцений шпон* – це тонкий шар деревини, який зрізується з циліндричної поверхні заготовки деревини (чурака), що здійснюється при одночасному обертанні чурака навколо осі та насуванні на нього ножа (рис.11.1). Таким чином, деревину ріжуть за спіраллю, а з ножа виходить безперервна стрічка шпону. Довжина стрічки залежить від діаметра чурака, а максимальна ширина – дорівнює довжині чурака.



Рис.11.1. Схема верстата для виробництва луценого шпону.

Ножами для розкроювання шпону можна відразу одержувати стрічку заданої ширини. Товщина шпону залежить від швидкості подачі луцильного ножа за один оберт чурака і може змінюватися від 0,3 до 4 мм. Процес різання деревини при виробництві луценого шпону називається *луценням*.

Послідовність технологічних операцій при виробництві шпону цим способом наступна. Заготовки піддають тепловій обробці для збільшення плас-

тичності деревини. Потім деревина поступає на корувальний верстат для вида-лення кори і разом з нею бруду, який може стати причиною прискороного за-туплення луцильних ножів. Наступний етап – це розкроювання деревини на чураки заданих розмірів довжини, після чого чураку надають циліндричної форми і луцать.

Зазвичай луцений шпон має малу цінність в декоративному відношенні, а переважно йде на виготовлення фанери. При його використанні для зовніш-ніх облицювань застосовують різні способи посилення декоративного ефекту: поверхневе фарбування, гаряче декорування тощо.

*Струганий шпон* застосовують як основний декоративний деревний ма-теріал для обробки меблевих та інших виробів. Такий шпон отримують послі-довним зістругуванням з поверхні заготовки деревини (ванчеса) тонких шарів на шпоностругальному верстаті. Попередня технологічна операція, як і у ви-падку луценого шпону – це теплова обробка ванчесів у пропарювальній каме-рі, або в автоклаві. Стругання ведеться в напрямі перпендикулярному довжині волокон. Для отримання найбільш красивої текстури шпону його необхідно зрізати в певному (тангенальному, радіальному чи змішаному) напрямі. Саме тому декоративний шпон частіше отримують не луцанням, а струганням. Для виробництва струганого шпону застосовують деревину твердих листяних по-рід, одержуючи різноманітну красиву текстуру. Товщина струганого шпону складає 0,6; 0,8; 1 мм. Струганий мікрошпон може бути завтовшки від 0,04 мм.

У шпону розрізняють лицьову (праву) і зворотну (ліву) сторони. Лицьова – це зовнішня сторона шпону. Поверхневий шар лицьової сторони шпону більш ущільнений. На зворотному боці шпону поверхневий шар більш рихлий, в нім можуть бути мікротріщини. Для лицьової поверхні облицювань краще викорис-товувати лицьову сторону шпону, яка легко визначається в косому світлі.

**Фанера** є шаруватим матеріалом, що складається зі склеєних між собою листів луценого шпону, нерідко в композиції з іншими матеріалами. В основу класифікації фанери покладений ряд конструктивних і технологічних ознак, що визначають експлуатаційні якості кожного її виду.

*Фанеру загального призначення* виготовляють з трьох і більше шарів шпону та використовують у виробництві меблів, тари, в будівництві, а також у ряді інших галузей.

Залежно від виду вживаного клею фанера випускається наступних марок:

**ФСФ** – фанера підвищеної водостійкості, із застосуванням фенолоформальдегідних клеїв; **ФК** – фанера середньої водостійкості, із застосуванням карбамідоформальдегідних клеїв; **ФБА** – фанера середньої водостійкості, із застосуванням альбуміноказеїнових клеїв.

Зазвичай фанеру випускають з непарним числом шарів шпону, причому напрям волокон деревини в суміжних шарах взаємно перпендикулярний. Шпон зовнішніх (лицьового і зворотного) та внутрішніх шарів фанери виготовляють з деревини різних порід.

Фанера вважається виготовленою з деревини тієї породи, з якої виготовлені зовнішні її шари. Симетрично розташовані відносно поздовжньої осі перерізу фанери шари шпону мають бути однієї породи і однакової товщини.

Залежно від якості шпону своїх зовнішніх шарів фанера ділиться на шість основних сортів:

*Будівельну фанеру* виготовляють із шпону хвойних порід – сосни та модрина завтовшки 2-4,5 мм, а також комбіновану. Комбіновану фанеру виготовляють з шарами шпону, що чергуються, з деревини хвойних порід завтовшки 2 мм і більше та березового шпону завтовшки 1,5 мм і більше або тільки з шарів березового шпону цієї ж товщини, що чергуються. Зовнішні шари фанери виготовляють з березового шпону завтовшки 1 мм. Така конструкція пакету дає високу якість склеювання і поверхню фанери. Будівельну фанеру виготовляють в основному на клеях високої водостійкості **ФСФ**, а також марки **ФК**. Будівельну фанеру випускають в основному великоформатну, розміром 2440x1220 мм, вона відрізняється великою товщиною – від 8 до 19 мм.

*Фанера березова авіаційна* складається з трьох і більше шарів відносно тонкого березового високоякісного шпону. Її застосовують при виготовленні легких літальних апаратів, у виробництві музичних інструментів і тому подібне, коли від фанери вимагаються гарантовані конструкційні властивості. Залежно від виду вживаного клею отримують фанеру наступних марок: **БП-А** – із застосуванням бакелітової плівки А; **БП-В** – із застосуванням бакелітової плівки В; **БС-1** – із застосуванням смоли марки СФЖ-3011.

*Фанеру бакелізовану* виготовляють склеюванням листів березового лущеного шпону при взаємно перпендикулярному напрямі волокон в суміжних шарах фенолоформальдегідними смолами. Залежно від виду вживаного клею і способу його нанесення на шпон фанера підрозділяється на наступні марки: **ФСБ** і **ФСБ1**, у якої зовнішні шари просочені або на них нанесена спиртороз-

чинна смола; **ФБВ** і **ФБВ1**, у яких зовнішні шари просочені або на них нанесена водорозчинна смола, а на внутрішні шари нанесена спирторозчинна смола, причому у фанері цих марок допускається не наносити смолу на поперечні шари шпону, розташовані симетрично відносно центрального.

Бакелізовану фанеру виготовляють при відносно високому тиску із застосуванням досить великої кількості клею, тому вона має високу міцність, щільність і формостійкість. Найбільш високі міцносні якості має фанера **ФБС**, найменші – фанера усіх марок з індексом "1".

Фанеру марок **ФБС** і **ФБС1** застосовують в конструкціях машино- і суднобудування, у будівельних конструкціях, що працюють в атмосферних умовах і в приміщеннях; фанеру марок **ФБВ** і **ФБВ1** – в конструкціях машинобудування і будівельних, працюючих усередині приміщень; фанеру марок **ФБС-А** і **ФБС1-А** – в автомобілебудуванні для внутрішніх конструкцій.

*Облицювальна фанера* складається з трьох або більше шарів луценого шпону, у якої один або обоє зовнішніх шарів виготовлені з облицювального матеріалу. Облицювання виконується або при склеюванні пакету або як самостійний процес.

Для виготовлення такої фанери застосовують шпон з деревини берези та рідше інших листяних порід. Для внутрішніх допускається застосовувати шпон деревини хвойних порід. Склеюють шпон смолою СФЖ-3011 і бакелітовою плівкою марки Б. Залежно від якості оздоблюваної поверхні фанера буває I і II сортів. Облицювальний шар фанери має бути водо- і світлостійким, не повинен відшаровуватися при перехресному надрізі. Таку фанеру випускають завтовшки 3-12 мм.

Фанера, оздоблена строганим шпоном, залежно від виду клею, ділиться на марки; **ФОФ** – із застосуванням фенолоформальдегідного клею, **ФОК** – карбамідоформальдегідного. За якістю облицювальних сторін вона ділиться на одно- і двосторонню. Для облицювання застосовують струганий шпон завтовшки 0,6-1 мм. Залежно від сорту шпону і його текстури фанера буває I і II сортів, радіальна, тангентальна і тангентально-торцева. Виготовляють фанеру завтовшки 4-10 мм.

Фанеру марки **ФОФ** використовують в умовах підвищених атмосферних дій – в суднобудуванні, будівництві, а марки **ФОК** – в основному в меблевому виробництві. Для надання фанері поверхневої стійкості проти дії доквілля для облицювання іноді застосовують шпон, просочений смолою меламіну.



Фанеру, оздоблену папером, виготовляють з лущеного шпону з облицювальним покриттям, що виконує захисно-декоративні функції. Сюди відносяться фанера декоративна, для щитової опалубки для авто-, вагоно-, контейнеробудування.

Декоративна фанера залежно від виду облицювального покриття і вживаних при її виготовленні смол буває марок : ДФ-1 і ДФ-3 – з прозорим безбарвним і забарвленим покриттям на основі сульфатного паперу; ДФ-2 і ДФ-4 – з непрозорим покриттям папером, на якому нанесений малюнок, що зазвичай імітує текстуру деревини. Покриття фанери марок ДФ-1 і ДФ-2, що виготовляється з використанням карбамідомеламіноформальдегідної смоли менш водостійке, ніж фанери марок ДФ-3 і ДФ-4 з використанням меламіноформальдегідної смоли.

Декоративну фанеру застосовують як обшивальний матеріал в будівництві, авто- і суднобудуванні, в меблевому виробництві.

*Фанеру для щитової опалубки і для авто-, вагоно- і контейнеробудування виготовляють з березового шпону і шпону хвойних порід. Для облицювального шару застосовують березовий шпон. Відповідно до призначення фанери шпон склеюють клеями на основі фенолоформальдегідних смол. Фанеру облицюють з однієї або двох сторін пакувальним папером поверхневою щільністю 60-150 г/м<sup>2</sup>, просоченою бакелітовим лаком СБС-1 чи іншими фенолоформальдегідними смолами. З таким облицюванням вона добре чинить опір атмосферним, поверхневим механічним і хімічним діям. Фанеру для авто-, вагоно- і контейнеробудування замість облицювання можна забарвлювати з однієї або двох сторін барвниками або покривати емалями. Товщина фанери для опалубки 8, 10, 12, 15 мм, а для авто-, вагоно- і контейнеробудування 18-45 мм.*

Фанеру з зовнішнім паперовим шаруватим пластиком виготовляють двох видів – фанеровану пластиком звичайним і вогнетривким. Вогнетривкий пластик виробляють із азбестового паперу, просоченого антипіренами. Товщина його 1-5 мм. Поверхня пластика може бути однотонною і багатоколірною. Така фанера має високу поверхневу стійкість проти зовнішніх механічних хімічних і термічних дій, застосовується при виготовленні торгівельних і кухонних меблів, у будівництві.

Фанеру, облицювану скловолокнистими матеріалами, виготовляють на основі фанери марки ФСФ. Товщина фанери 10, 12, 15, 18 мм. Вона має

високу міцність при вигині уздовж волокон зовнішніх шарів шпону (не менше 60 МПа), стійкість до стирання і ударних навантажень, атмосферних дій. Ці якості дозволяють застосовувати її для виготовлення підлог контейнерів, вагонів, кузовів автомобілів.

Фанеру, облицьовану тонколистовим металом, випускають одно- і двосторонньою. Залежно від призначення фанери як облицювання використовують різні метали у вигляді тонких листів або фольги з алюмінію, сталі, рідше інших металів. Облицювання до фанери приклеюють клеями, що забезпечують податливість клейового з'єднання при деформаціях деревної основи і металевого облицювання. Така фанера має високий опір вигину, ударним навантаженням, вогнетривка. Попередня обробка металевого облицювання (анодування, оксидування та ін.) надає фанері естетичного вигляду. Цю фанеру застосовують для кузовів автомобілів, вагонів, у будівництві.

Фанеру можна облицьовувати й іншими матеріалами. Полівінілхлоридні та полівінілфтористі плівки надають їй високі естетичні якості. Вони світло- і водостійкі, стійкі до дії хімічних реагентів, еластичні, мають високу твердість і стійкість до стирання. Таку фанеру застосовують як обшивальний матеріал в будівництві, а також при виробництві меблів. Фанера з шаром азбесту досить стійка до вогню і використовується в будівництві та суднобудуванні. При облицюванні пробковою крихтою фанера набуває високих тепло- і звукоізоляційних властивостей і може застосовуватися в будівництві, для виготовлення холодильних пристроїв.

*Фанера армована.* У конструкції пакету такої фанери один або декілька внутрішніх шарів шпону замінені листами металу, гуми, металевими сітками або іншими матеріалами. Армування листами металу і сітками дозволяє підвищити міцність і жорсткість матеріалу без помітного збільшення маси. Армування листовою гумою дозволяє зменшити повітря- і вологопроникність фанери. При цьому зберігається зовнішній вид деревного матеріалу.

*Фанера профільована* – це шаруватий матеріал, поперечному перерізу листа якого під час склеювання надається складна форма. Найбільш ефективна трапецевидна або хвиляста конфігурація профілю. Профілізація забезпечує високу жорсткість листа фанери уздовж профілю.

*Деревинно-волокнисті плити* виготовляють із неділової деревини, відходів лісопильної і деревообробної промисловості. Технологія виготовлення ДВП спрощено виглядає так (рис.11.2): рослинна сировина розмелюється, ро-

змочується у великій кількості води, що полегшує розподіл деревини на окремі волокна, і змішується зі спеціальними добавками (водні емульсії синтетичних смол, емульсії з парафіну, каніфоль, бітум, антисептики і антипірени, азбест, глинозем, гіпс тощо) і розпарюється; далі рідкотекучу волокнисту масу передають на відливально-пресову машину, що складається з нескінченної металевої сітки і вакуумної установки; тут маса зневоднюється, ущільнюється і подається в сушарку, де підпресовується і сушиться; одержані листи розрізаються за форматом.

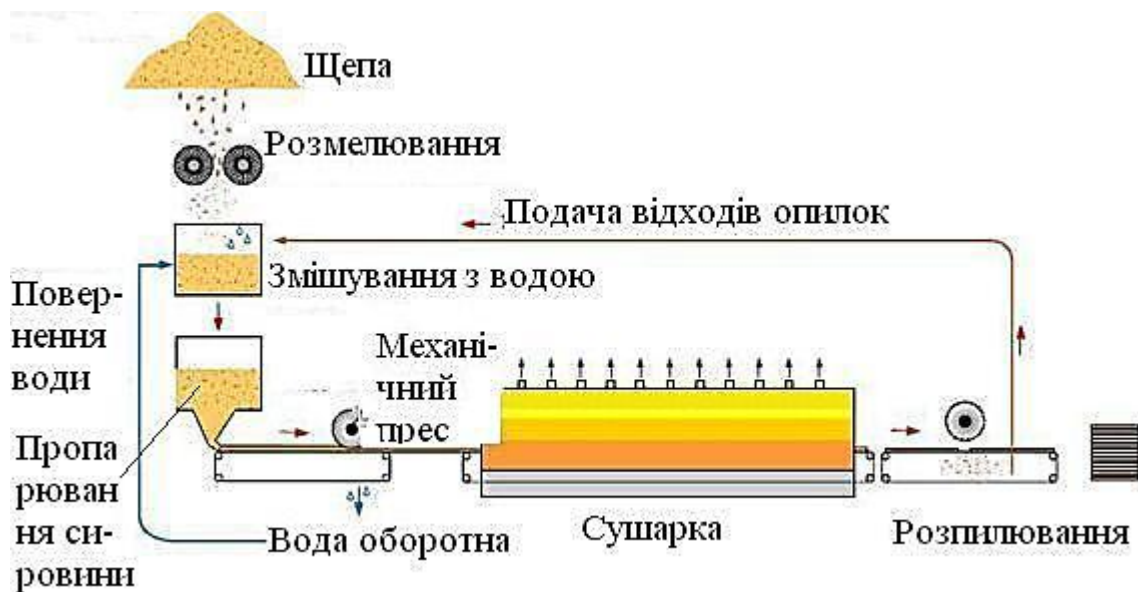


Рис.11.2. Технологія виготовлення ДВП.

У меблевому виробництві використовують *тверді ДВП* завтовшки 3,2–5,0 мм зі щільністю 800-1000 кг/м<sup>3</sup>. З ДВП виготовляють конструкційні елементи меблів, задні стінки і полиці шаф і тумб, нижні полиці у диванів, висувні ящики, перегородки тощо. Їх також використовують при виготовленні гнукотесених деталей із зовнішніми шарами зі строганого шпону цінних порід.

Окрему групу складають *м'які плити* щільністю 100-400 кг/м<sup>3</sup>, що виготовляються шляхом сушки без гарячого пресування. Вони характеризуються високою пористістю, малою теплопровідністю, але низька міцність обмежує область їх використання – вони застосовуються тільки в будівництві як теплоізоляційний матеріал.

*Ламінування або каширування ДВП* – облицювання плівками на основі паперів, просочених смолами меламінів, що тверднуть під впливом високих температур і тисків. Це покриття має стійкість до подряпин, дії хімічних реак-

тивів, і є аналогом декоративного паперово-шаруватого пластика, що виготовляється за схожою технологією, так званий ламінат.

*МДФ* виникли як подальший розвиток сухого способу виробництва ДВП. МДФ – це матеріал, виготовлений з висушених деревних волокон, оброблених синтетичними єднальними речовинами і сформованих у вигляді килима з наступним гарячим пресуванням і шліфуванням. Частки деревини скріплюються лігніном і парафіном, так що МДФ – дуже екологічно чистий матеріал. Переваги МДФ – досить м'який і піддається найтоншій обробці, тому це улюблений фасадний матеріал сучасних дизайнерів. МДФ має усі переваги натуральної деревини, але коштує набагато дешевше, та й служить довше.

*Деревинно-стружкові плити (ДСП)* – найпоширеніший матеріал у виробництві меблів і обробки приміщень, оскільки має ряд очевидних переваг перед деревиною та іншими матеріалами. Сучасні технології пропонують все більший вибір ДСП

Деревинно-стружкові плити – це плитний пиломатеріал, виготовлений шляхом гарячого пресування частинок деревини (деревної стружки) і сполучної речовини. В якості в'язучих матеріалів застосовують різні сполучні компоненти, такі як формальдегідні, фенол-формальдегідні та інші смоли. Плити ДСП використовуються в різних галузях, і в залежності від місця їх застосування плити володіють різними властивостями. ДСП поділяють на групи за способом пресування, видом використовуваної деревини, вживаного сполучного матеріалу або видом облицювання.

*Шліфована ДСП* – це плита, яка не має будь-якого покриття, тобто її лицьова сторона відображає її структурне наповнення. У свою чергу ламіноване ДСП покрите меламіновою плівкою (дуже схожа на пластик), на яку нанесено зображення декорів, або ж плівка пофарбована в один колір. Таке ДСП значно дорожче в ціні та застосовується у меблевому виробництві. Шліфоване ДСП застосовується також для опалубки, виготовлення внутрішніх перегородок, стелажів, полиць, упаковки і т.д.

Основний недолік: при використанні плити в приміщеннях з високою вологістю необхідно застосовувати вологостійке ДСП.

Державний стандарт виділяє дві марки ДСП: ДСП-А і ДСП-Б. Марка ДСП-А більш високої якості і має перед маркою ДСП-Б кращі показники міцності на вигин і розтягування, і більш низькі показники розбухання, короблення і шорсткості поверхні.

Сорт ДСП визначається якістю поверхні. Розрізняють ДСП 1 сорту, 2 сорту і не сортні плити використовувані, як правило, в будівельних цілях. Згідно Держстандарту, плити першого сорту не повинні мати поглиблень (виступів) або подряпин, парафінових, пилесмоляних або смоляних плям, відколів країв, викришування кутів, хвилястості поверхні.

На ДСП другого сорту допускаються відколи країв в межах відхилень по довжині або ширині плити. Поверхня другосортної плити може містити дефекти шліфування не більше 10% від площі. Так само на ДСП 2 сорту допускаються більші, у порівнянні з 1 сортом, включення кори і крупної фракції стружки. За типом зовнішнього шару розрізняють ДСП з дрібноструктурною поверхнею, звичайною поверхнею та плити із зовнішніми шарами з великої стружки.

*Ламінування* – це фізико-хімічний процес облицювання ДСП паперово-смоляними плівками. При цьому декоративно-захисний шар на плиті утворюється за рахунок розтікання смоли поверхнею ДСП з наступним затвердінням і утворенням міцного єдиного покриття ДСП–смола–папір.

*Каширування* – фізичний процес облицювання ДСП затверділими паперово-смоляними плівками (з обробкою або без обробки лаками) з попереднім нанесенням на плиту-основу клейового складу.

Принципова відмінність цих двох методів облицювання полягає в тому, що при кашируванні готове декоративне покриття приклеюється на ДСП, а при ламінуванні воно створюється під час пресування за рахунок хімічних процесів і невіддільне від плити-основи.

*Облицювання ДСП паперово-шаруватими пластиками.* Шаруваті пластики – це полімерні матеріали, що містять паралельно розташовані шари наповнювача. В якості наповнювача можуть виступати: тканина, шпон, папір та інші матеріали. Основою для виробництва паперово-шаруватого пластику є папір, який крім функцій армувального наповнювача надає кінцевому продукту пластичність, механічну міцність, а головне – декоративні властивості. Наклеювання шаруватого пластику відбувається за допомогою прямого пресування паперово-шаруватого пластику з нанесеним клейовим складом і ДСП. Пресування буває гарячим, при якому використовуються карбамідні клеї або клеї на основі ПВА-дисперсій; і холодним, з використанням контактних клеїв і клеїв на основі ПВА-дисперсій.

Холодне пресування, хоча і виключає вплив температурного фактора (виникнення внутрішніх напруг при склеюванні різнорідних матеріалів),

менш застосовується через низьку продуктивність і використання великих площ. Найбільш поширене використання помірного нагрівання (60-70°C) з використанням ПВА-клеїв.

Облицювання ДСП полімерними плівками аналогічне облицюванню декоративними пластиками, за винятком того, що для отримання декоративного покриття використовується термопластична полімерна плівка, що пресується на ДСП з попередньо нанесеним клейовим покриттям. Основний вид полімерних плівок, використовуваних для облицювання, є плівки на основі полівінілхлориду (ПВХ), рідше зустрічаються оздоблювальні матеріали на основі полістиролу, акрилових полімерів й інші. Облицювання здійснюється як гарячим, так і холодним способом, у валкових чи гідравлічних пресах. Перевагою у використанні полімерних плівок є можливість облицювання профільних виробів. Разом з тим, використання полімерних плівок для облицювання ДСП дуже обмежене через невисокі фізико-механічні характеристики отриманого покриття і низьку теплостійкість.

*OSB-плити* – орієнтовано-стружкові плити (*Oriented Strand Board*) останнім часом набувають все більшого застосування – для обшивання стін, стель, підлог в технології каркасного та індустріального будівництва. OSB-плита поєднує в собі кращі характеристики дерева і високі технічні показники плитних матеріалів. OSB-плита складається з декількох шарів пресованих деревних стружок, причому шари різноспрямовані, що забезпечує підвищені міцнісні якості, а зовнішні шари обов'язково орієнтовані вздовж довгої сторони. За міцністю OSB-плита перевершує аналогічну їй ДСП, має однорідну структуру, однакові зовнішні поверхні. Шари стружок склеюються за допомогою смол, під впливом високого тиску і температури. OSB-плита, завдяки такій будові, не схильна до короблення, розшарування і деформації, має підвищену водостійкість і зберігає якість натурального дерева при відсутності характерних недоліків натуральної деревини – наявності сучків і зміни напрямку волокон у зв'язку з природними умовами росту. OSB-плита – більш міцна і еластична, ніж фанера, сполучні смоли надають додаткові якості, такі як водостійкість і вогнестійкість.

Залежно від якостей, існують різні види плит: для умов зниженої вологості – OSB-1; а для експлуатації при підвищеній вологості – OSB-3; плити, що витримують високі навантаження – OSB-2.

## ХІД РОБОТИ

1. Уважно прочитати теоретичні відомості лабораторної роботи.
2. Засвоїти органолептичний метод розпізнавання деревинних матеріалів: розглянути зразки деревинних матеріалів, виданих керівником заняття та описати їх, вказавши: назву, зовнішні ознаки, вигляд зрізу тощо.
3. Дати письмову відповідь на контрольні питання.

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Яка мета одержання шпону? Які способи одержання шпону?
2. Які різновиди фанери Вам відомі?
3. Де використовується армована та профільована фанера?
4. Чим фанера марки **ФБС 1** принципово відрізняється від фанери марок **ФОФ** та **ДФ 1**?
5. Яке основне застосування деревинно-волокнистих плит?
6. Що таке деревинно-стружкові плити? Чим вони відрізняються від ДВП?
7. Якими способами облицьовують ДСП?
8. Для якої мети ДВП та ДСП декорують?
9. Що таке OSB-плита та чим вони відрізняються від ДСП?
10. Яке застосування мають різні сорти ДСП?

*Царенко Олег Миколайович*

*Рябець Сергій Іванович*

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

## **Практикум з матеріалознавства**

**СВІДОЦТВО ПРО ВНЕСЕННЯ СУБ'ЄКТА ВИДАВНИЧОЇ СПРАВИ  
ДО ДЕРЖАВНОГО РЕЄСТРУ ВИДАВЦІВ, ВИГОТОВНИКІВ І  
РОЗПОВСЮДЖУВАЧІВ ВИДАВНИЧОЇ ПРОДУКЦІЇ  
Серія ДК № 1537 від 22.10.2003 р.**

Підписано до друку 17.12.2014 р. Формат 60x84'/16. Папір офсет.

Друк різнограф. Ум.др.арк. 6,9 Тираж 300 Зам. №

### **РЕДАКЦІЙНО-ВИДАВНИЧИЙ ВІДДІЛ**

**Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка**  
25006, Кіровоград, вул. Шевченка, 1.Тел.(0522) 24-59-84.Факс (0522) 248544.

Е-mail: [mails@kspu.kr.ua](mailto:mails@kspu.kr.ua)