

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКИЙ КОЛЕГІУМ»  
імені Т. Г. ШЕВЧЕНКА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання лабораторних робіт**

**з курсу *Матеріалознавство***

**для студентів спеціальності 181 – «Харчові технології»»**

**Чернігів 2023**

УДК 620.22

**Укладачі:**

кандидат технічних наук, доцент Корольов Олександр Олександрович  
доктор технічних наук, професор Сиза Ольга Іллівна

**Корольов О.О., Сиза О. І.**

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу  
“Матеріалознавство” для студентів спеціальності 181 Харчові технології /  
уклад. О.О. Корольов, О.І. Сиза. Чернігів: НУЧК імені Т. Г. Шевченка, 2023.  
113 с.

**Рецензенти:**

Бакалов В. Г. – доцент кафедри хімії, технологій та фармації  
Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка,  
кандидат технічних наук  
Чередніков О.М. – провідний науковий співробітник  
Державного науково-випробувального інституту,  
доцент, кандидат технічних наук

Затверджено на засіданні кафедри хімії, технологій та фармації:  
протокол № 4 від 16 листопада 2023 року.

Затверджено на вченій раді природничо-математичного факультету:  
протокол № 4 від 28 листопада 2023 року

«Матеріалознавство» є навчальною дисципліною за вибором студентів.

© О.О. Корольов, 2023

© О.І. Сиза, 2023

Матеріалознавство  
ЗМІСТ

	стор.
<b><u>Вступ</u></b> .....	5
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1.</b> Побудова та аналіз діаграм стану сплавів. Зв'язок діаграм з властивостями сплавів.....	9
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2.</b> Вивчення мікроструктури залізвуглецевих сплавів .....	20
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3.</b> Продукція чорної мералургії. Загальна характеристика металів. Чавуни .....	27
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4.</b> Продукція чорної металургії. Сталі .....	34
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5.</b> Контактна корозія з водневою деполяризацією.....	41
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6.</b> Кількісні показники швидкості електрохімічної корозії металів.....	42
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7</b> Захист металів від корозії інгібіторами .....	47
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8.</b> Продукція кольорової металургії. Кольорові метали сплави на їх основі....	52
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9.</b> Продукція кольорової металургії. Кольорові метали і сплави на їх основі...57	57
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10.</b> Продукція хімічної промисловості. Неорганічні кислоти, луги, солі.....	67
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11.</b> Лакофарбові матеріали.....	78
<b>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12.</b> Хімічні матеріали. Каучуки, гума .....	84

## Матеріалознавство

### **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13.**

Класифікація упаковки. Скляна, металева, дерев'яна тара ..... **92**

### **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 14.**

Паперові і картонні пакувальні матеріали..... **102**

### **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 15.**

Полімерні пакувальні матеріали..... **108**

**РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА..... 112**

# Матеріалознавство

## Вступ

Відповідно до навчального плану спеціальності 181 – «Харчові технології» студенти у третьому семестрі виконують лабораторні роботи з курсу «Матеріалознавство».

Метою лабораторних робіт є закріплення теоретичних знань, набутих студентами на лекціях та у процесі самостійної підготовки, а також вивчення нормативно-технічної документації на основні види сировини та конструкційних матеріалів для обладнання харчової індустрії.

У процесі самостійної підготовки до кожної лабораторної роботи студент зобов'язаний:

- вивчити теоретичні питання, визначені перед кожною лабораторною роботою
- вивчити та коротко законспектувати методику виконання роботи за завданням практичної частини.

Підготовленість студентів до кожного заняття із загальнотеоретичних питань контролюється викладачем шляхом усного або письмового опитування.

Під час виконання лабораторної роботи студент повинен ознайомитись з нормативно-технічною документацією, виконати всі завдання, внесені до лабораторної роботи, заповнити всі таблиці та зробити висновки.

Звіт з кожної лабораторної роботи має бути оформлений на аркушах формату А4 і містити наступні відомості:

- назву та мету лабораторної роботи;
- найменування запропонованих завдань;
- виконання завдань по роботі, складання схем, таблиць та іншої інформації з властивостей різних матеріалів;
- висновки.

Методичні вказівки містять рекомендації з виконання лабораторних робіт за характеристикою продукції чорної металургії – чавуни і сталі, кольорові метали та сплави, продукції хімічної промисловості – неорганічні кислоти, луги, солі, лакофарбові матеріали, каучуки, гуми.

Окремою частиною наведені лабораторні роботи спрямовані на вивчення основних видів корозії металевих матеріалів та одержання практичних навичок у способах захисту від корозії.

Низка лабораторних робіт охоплює наступні основні об'єкти: групи пакувальних матеріалів, що використовуються для виготовлення тари і упакування харчових продуктів; види тари для продовольчих товарів.

## Матеріалознавство

### ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ В ЛАБОРАТОРІЇ

#### Загальні правила

Під час роботи в лабораторії студенти мають дотримуватись вимог з охорони праці, техніки безпеки та протипожежної профілактики. У разі їх недотримання студенти несуть дисциплінарну відповідальність.

Перед початком лабораторних занять студенти проходять інструктаж з техніки безпеки, який оформлюється у спеціальному журналі. Крім того, під час кожної роботи вони одержують усний інструктаж від викладача.

При роботі в лабораторіях по матеріалознавству необхідно дотримувати наступні правила:

1. Ретельно готуватися до роботи в лабораторії.
2. Перед початком занять необхідно надіти білі халати і косинки або ковпаки.
3. На робочому місці не слід тримати ніяких сторонніх предметів. Сумки і портфелі укладаються в спеціальні шафки.
4. Стисло записувати у журналі усі спостереження, зроблені під час експерименту.
5. При дослідженнях звертати увагу на всі особливості і деталі досліджуваного процесу.
6. Категорично забороняється пити воду з хімічного посуду.
7. Не можна пробувати на смак реактиви. Усі склянки з реактивами закривати пробками і ставити на постійні, відведені для них місця.
8. Перед роботою перевірити, щоб скляний посуд був без тріщин і чистий. Забороняється нагрівати на плитці або у полум'ї пальника вимірювальний та товстостінний скляний посуд.
9. Не брати зайву кількість реактивів, а якщо це випадково трапиться, не виливати надлишок у загальну склянку (щоб не забруднювати реактив у склянці).
10. Забороняється зливати кислоти і органічні розчинники у раковину. Ці залишки необхідно зливати у спеціально відведений посуд.
11. Забороняється приливати концентровані кислоти до концентрованих лугів і навпаки. До здійснення нейтралізації їх необхідно розбавити водою.
12. Не включати і не вимикати без дозволу викладача рубильники і прилади. Стежити за наявністю і цілісністю ізоляції дротів, електроарматури і устаткування.
13. При вмиканні у мережу електронагрівальних приладів руки повинні бути сухими. Слід пам'ятати, що електричний струм напругою 127-220 В небезпечний для життя.

## Матеріалознавство

14. Гарячі і розжарені предмети ставити тільки на азбестову сітку або іншу термостійку прокладку.

15. При роботі з концентрованими кислотами і лугами необхідно:

а) при відмірюванні і переливанні кислоти і лугу слід надягати захисні окуляри, гумові рукавички і поверх халата прогумований фартух;

б) не втягувати кислоту піпеткою в рот, використовувати для відмірювання кислоти дозатори або гумову грушу;

в) відпрацьовані кислоти і луги зливати через воронку в спеціальні пляшки.

16. Спиртівки, що горять, пальники повинні знаходитися на відстані не ближче за три метри від легкозаймистих речовин.

17. У разі запалювання горючих рідин (бензин, ефір, спирт і ін.) швидко погасити пальники, вимкнути електронагрівальні прилади і вжити заходів до гасіння пожежі.

18. Перша допомога у разі нещасного випадку.

Нещасні випадки в лабораторії – термічні або хімічні опіки, поранення, отруєння тощо – можуть бути спричинені небезпечним поведінням з реактивами, обладнанням. Для надання першої допомоги в лабораторії повинна бути аптечка.

При термічних опіках (вогнем, парою, гарячими предметами) на обпечене місце слід покласти вату, змочену 96%-м етиловим спиртом або 5%-м розчином калію марганцевокислого. У разі глибоких опіків із руйнуванням тканини на рану накладають стерильну пов'язку і негайно викликають лікаря.

При хімічних опіках кислотами обпечене місце ретельно промивають водою, прикладають примочки з 2-3%-м розчином питної соди, при опіку другого ступеня – пов'язку зі стрептоцидовою або синтоміциновою емульсією.

При хімічних опіках лугами або концентрованим розчином аміаку обпечене місце ретельно промивають водою протягом кількох хвилин і накладають пов'язку з 5 %-го розчину будь-якої слабкої кислоти: оцтової, соляної, лимонної тощо.

При опіку негашеним вапном останнє змивають олією або вазеліном.

При опіку 30% -м розчином пероксиду водню рану промивають 5%-м розчином нашатирного спирту (аміаку) або водою.

При попаданні кислоти або лугу в око необхідно негайно промити його великою кількістю води протягом 10-30 хв, потім, у разі опіку кислотою, 2-3%-м розчином натрію бікарбонату, а у разі опіку лугом – 2 %-м розчином борної кислоти, при потраплянні аміаку – 0,5-1%-им розчином галуни.

При пораненнях склом із рани виймають скалки, змащують її йодом та забинтовують.

## Матеріалознавство

При опіку полум'ям, кислотами, лугами і при отруєнні реактивами або газом слід негайно повідомити викладача або лаборанта.

У всіх випадках отруєнь хімікатами необхідно негайно викликати лікаря або відправити потерпілого до медпункту.

19. Після закінчення роботи привести у порядок робоче місце (вмити посуд, поставити на робоче місце реактиви, прилади і т.п.) і здати його лаборанту кафедри.

20. Вимкнути після роботи електронагрівальні прилади, загасити газові пальники, перевірити, чи добре закручені водопровідні крани.

### Протипожежні заходи

1. Кожний, хто працює в лабораторії, повинен знати, де розміщені засоби пожежогасіння, і уміти ними користуватися.

Необхідно знати, де знаходяться кошма-ковдра із азбесту, листовий азбест, сухий пісок, вогнегасники і пожежний водяний стояк.

2. При виникненні спалаху у витяжній шафі, необхідно відключити тягу, на магістралі перекрити газовий кран і вимкнути рубильник, а потім приступити до ліквідації осередку (вогнища) спалаху.

3. Якщо спалахнув одяг, необхідно негайно накрити потерпілого кошмою і облити його водою.

4. При появі запаху газу не можна (забороняється!) запалювати вогонь в лабораторії. У випадку спалаху газу за рахунок негерметичності деталей і арматури на газопроводі, негайно перекрити вентиль подачі газу до робочого столу.

5. Електричні плити, газові пальники і інші нагрівні прилади необхідно розміщувати на керамічних плитках або інших ізоляційних матеріалах.



Матеріалознавство  
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ПОБУДОВА ТА АНАЛІЗ ДІАГРАМ СТАНУ СПЛАВІВ. ЗВ'ЯЗОК  
ДІАГРАМ З ВЛАСТИВОСТЯМИ СПЛАВІВ

---

**Мета роботи:** побудова діаграм стану сплавів, вивчення фазових переходів і їх впливу на властивість сплавів.

**Прилади і матеріали:** міліметровий папір, лінійка, олівець.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Структура і властивості чистих металів суттєво відрізняються від структури і властивостей сплавів, що складаються з двох чи більшого числа металів.

**Сплавами** називають тверді речовини, отримані шляхом дифузії елементів у твердому, рідкому чи газоподібному станах. Залежно від числа елементів (компонентів сплаву) розрізняють двокомпонентні, трикомпонентні та багатокомпонентні сплави. Речовини, що входять до складу сплаву, при твердінні можуть знаходитися у вигляді окремих частинок, зерен обох компонентів (механічна суміш), у вигляді хімічних сполук чи взаємно розчинених один в одному компонентів (твердий розчин).

Сплави типу **механічної суміші** утворюється з речовин, що не розчинюються і не вступають у хімічну взаємодію між собою у твердому стані з утворенням сполук. Такі сплави складаються із суміші кристалітів речовин, які зберігають власні кристалічні ґрати. Властивості сплаву будуть визначатися співвідношенням компонентів, що входять до його складу.

Сплави типу **хімічної сполуки** утворюються при взаємодії різних речовин. Вміст компонентів при цьому повинен бути суворо визначеним. Кристалічні ґрати сплаву відрізняється від кристалічних ґратів компонентів, тому мають інші механічні, фізичні та хімічні властивості.

Сплави типу **твердих розчинів** бувають трьох видів: тверді розчини заміщення, тверді розчини проникнення і тверді розчини віднімання.

**Тверді розчини заміщення** утворюються в тих випадках, коли атоми речовини, що розчиняється, замішують в кристалічних ґратах атоми розчинника (рис. 1.1а). Це можливо, якщо компоненти мають однакові решітки, а розміри їх атомів мало відрізняються один від одного (не більше 15%).

Утворення твердих **розчинів проникнення** (рис. 1.1б) відбувається при розчиненні атомів якогось елемента в кристалічних ґратах розчинника, тобто коли атоми розчиненого елемента проникають в ґрати розчинника в проміжках

## Матеріалознавство

між його атомами. Як правило, тверді розчини проникнення утворюються з неметалами. При цьому параметри кристалічних ґрат завжди збільшуються.

Тверді **розчини віднімання** (рис. 1.1в) утворюються тільки в сплавах, що містять хімічні сполуки, коли надлишкові атоми одного з компонентів займають суворо визначені місця в кристалічних ґратах, а місця, які повинні бути зайняті атомами іншого компонента, залишаються частково вільними, наприклад у ґратах карбідів  $TiC$ ,  $WC$  (місця, що належать вуглецю, залишаються вільними).

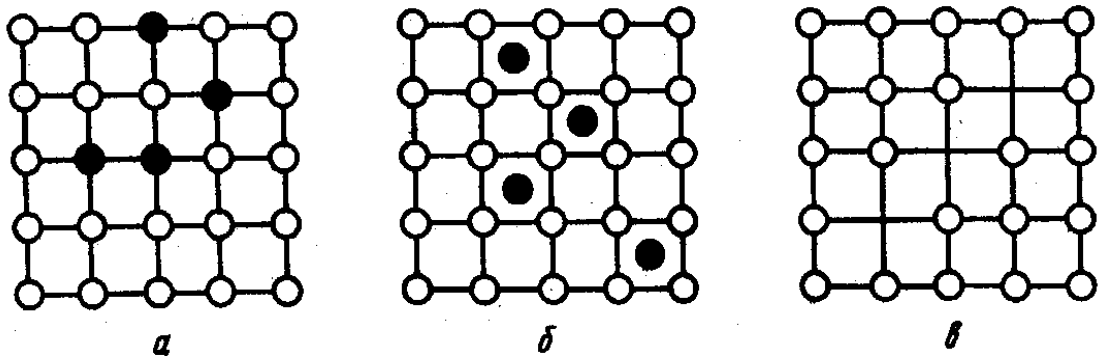


Рисунок 1.1 – Схема розподілу атомів у ґратах твердих розчинів

Фазовий стан сплавів залежно від концентрації компонентів і температури зображують графічно. Таке зображення фазового стану сплавів називають **діаграмою стану**. Оскільки діаграма стану показує стійкий стан системи (сукупність фаз, що знаходяться у рівновазі), то вона є діаграмою рівноваги фаз, існуючих при даних умовах. Стан сплаву, що зображується на діаграмі, належить до рівноважних умов без урахування перегріву чи переохолодження, чого в дійсності бути не може. Внаслідок цього діаграми стану являють собою ідеальний випадок.

Математичний опис загальних закономірностей існування стійких фаз, що відповідають умовам рівноваги, дав Гіббс. Цей опис має назву **правила фаз** і встановлює кількісну залежність між ступенем вільності системи  $S$ , кількістю фаз  $\Phi$  і компонентів  $K$ .

**Компонентами  $K$**  називають речовини, що становлять систему і здатні переходити з однієї фази в іншу. Хімічно чистий елемент являє собою однокомпонентну систему. Однокомпонентною системою є й хімічна сполука, що не розкладається на складові частини в інтервалі температур дослідної системи.

**Фазою  $\Phi$**  називають однорідну частину системи однакового агрегатного стану і складу, відокремлену від інших фаз поверхнею поділу, перехід якої різко змінює хімічний склад чи структуру речовини. Наприклад, розплавлений метал є однофазною системою, а сплав типу механічної суміші – двофазною і т. ін.

## Матеріалознавство

Під **числом ступенів вільності  $C$**  системи розуміють число факторів (температура, тиск, концентрація), які можна змінювати без зміни числа фаз у системі.

**Математичний вираз правила фаз** можна записати так:

$$C = K - \Phi + 2 \quad (1.1)$$

тобто число ступенів вільності рівноважної системи, на яку впливають температура і тиск, дорівнює числу незалежних компонентів системи мінус число фаз плюс два. Тиск при рівновазі не має впливу на процеси перетворення у сплавах, тому **при вивченні систем під атмосферним тиском** можна користуватися правилом фаз, яке записується так:

$$C = K - \Phi + 1 \quad (1.2)$$

Це означає, що, не змінюючи агрегатного стану системи, можна змінювати температуру розплаву.

При кристалізації металу число фаз дорівнює двом (рідка і тверда), а число ступенів вільності дорівнює нулю ( $C = 1 - 2 + 1 = 0$ ). Це значить, що неможливо змінювати температуру і концентрацію системи без порушення рівноваги і зміни числа фаз до тих пір, доки не зникне одна з фаз і система не перетвориться в однофазну.

**Діаграма стану** показує зміну фазового стану сплаву від температури і концентрації при постійному тиску. Для двокомпонентної системи на вісі абсцис відкладають концентрацію компонента (сума концентрацій компонентів дорівнює 100%), а на вісі ординат – температуру. Такі діаграми будують за даними **термічного аналізу** (рис. 1.2), тобто спочатку будують криві охолодження температура-час, а на них визначають температури перетворень за зупинками і згинами на цих кривих.

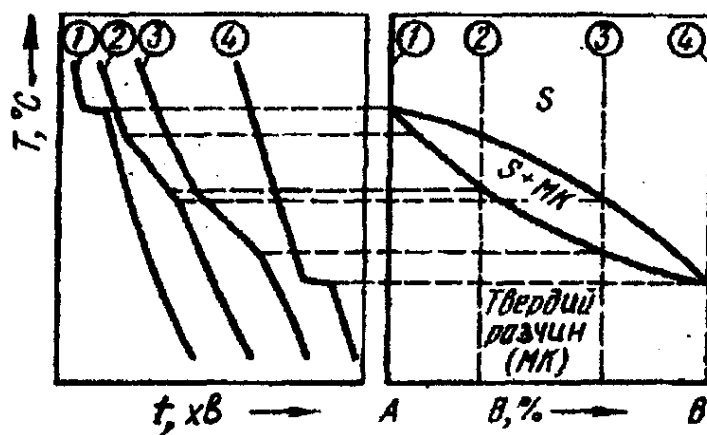


Рисунок 1.2 – Перенесення точок згину кривих  $T - t$ , отриманих за допомогою термічного аналізу, на діаграму температура – концентрація (приклад для сплавів з не обмеженою розчинністю):

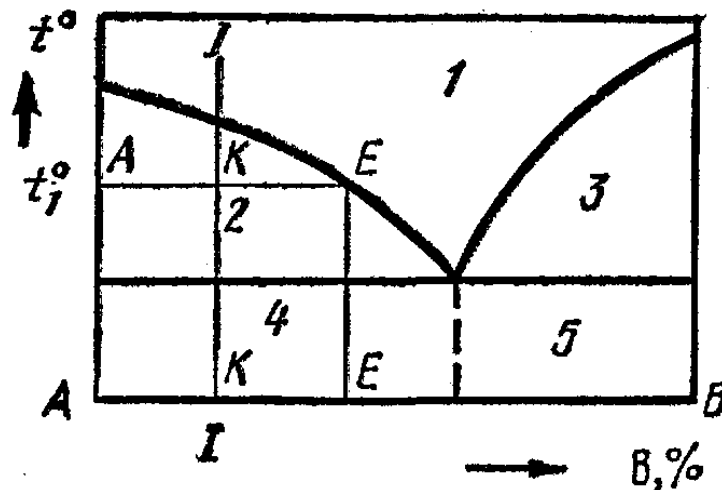
## Матеріалознавство

*1, 4 – температура затвердіння чистих металів А і В; 2, 3 – сплави системи А і В*

На діаграмах стану **крива ліквідуса** – границя між гомогенною областю рідкого (розплавленого) стану і гетерогенною двофазною областю (рідкий + твердий стан). **Крива солідуса** – границя між двофазною (рідка + тверда) областю і твердою фазою.

Характеристика сплаву потребує не тільки якісного, але й кількісного визначення його структурних складових. Усі сплави однієї області діаграми стану мають якісно однакову будову. Для визначення відносної кількості (маси) співіснуючих фаз і структурних складових одного сплаву користуються **правилом відрізків коноди**.

**Конода** – це відрізок горизонтальної лінії, або ізотерма, проведена всередині двофазної області діаграми стану до перетину з лініями границь двофазної області. Так, конода *AE* (рис. 1.3) проведена між вертикальною лінією для чистого компонента *A* і лінією ліквідуса. Точка перетину коноди з лінією ліквідуса (точка *E*) вказує на склад рідкої частини сплаву. Спроектуювши точку *E* на вісь концентрацій, можна визначити хімічний склад рідини, прочитавши на вісі концентрацій, скільки процентів металу *B* (а потім і металу *A*) є в рідкому (розплавленому) сплаві при даній температурі.



*Рисунок 1.3 – Визначення кількості складових сплаву за діаграмою стану*

Нехай потрібно визначити кількісне співвідношення між рідкою і твердою частиною сплаву *I – I* при температурі  $t_1^0$ .

Як видно (рис. 1.3), сплав при цій температурі складається з кристалів компонента *A* і рідкого сплаву складу, що відповідає точці *E*.

## Матеріалознавство

Введемо позначення:  $Q_T$  – кількість (маса) твердої частини сплаву (в даному випадку кристалів  $A$ );  $Q_p$  – кількість (маса) рідкої частини сплаву (в даному випадку складу  $E$ );  $Q_{\text{заг}}$  – загальна кількість (маса) сплаву.

Загальна кількість сплаву буде дорівнювати сумі рідкої і твердої частин:  
 $Q_{\text{заг}} = Q_p + Q_T$ .

За правилом відрізків коноди загальну масу сплаву прирівнюють до довжини коноди ( $AE$  при температурі  $t_1^0$ ), і тоді кількість рідкої фази  $Q_p$  і кількість твердої фази  $Q_T$  визначається відрізками коноди  $\overline{AK}$  і  $\overline{KE}$ , які утворилися при перетині коноди з лінією сплаву  $I - I$ .

Згідно з правилом відрізків коноди кількість рідкої фази дорівнює відношенню довжини відрізка коноди, прилеглого до точки складу твердої фази, до довжини усієї коноди:  $Q_p = \frac{\overline{AK}}{\overline{AE}} \times 100\%$  (множення отриманого відношення  $AE$  відрізків на 100% дає можливість в процентах виразити кількість рідкої частини сплаву).

Кількість (чи маса) твердої фази сплаву дорівнює відношенню довжини відрізка коноди, прилеглого до точки складу рідкої фази, до довжини всієї коноди:  $Q_T = \frac{\overline{KE}}{\overline{AE}} \times 100\%$ .

Отже, для визначення кількості рідкої і твердої фаз сплаву за діаграмою стану потрібно зробити так:

1. Відновити перпендикуляр до точки, що характеризує склад даного сплаву (тобто провести лінію сплаву).
2. При заданій температурі провести коноду – горизонтальну лінію (ізотерму) до перетину з лініями, що обмежують дану область.
3. Співвідношення між рідкою і твердою частинами сплаву буде обернено пропорційне відрізкам, на які лінія сплаву поділяє коноду.
4. Для визначення кількості твердої частини сплаву потрібно взяти відношення довжини відрізка, прилеглого до рідкої частини сплаву, до довжини всієї коноди.
5. Для визначення кількості рідкої частини сплаву потрібно взяти відношення довжини відрізка, прилеглого до твердої частини сплаву, до довжини всієї коноди.

Існують такі типи подвійних діаграм стану.

1. Подвійна діаграма стану системи для випадку повної нерозчинності компонентів у твердому стані, утворення евтектики і повної розчинності компонентів у рідкому стані (рис. 1.4).

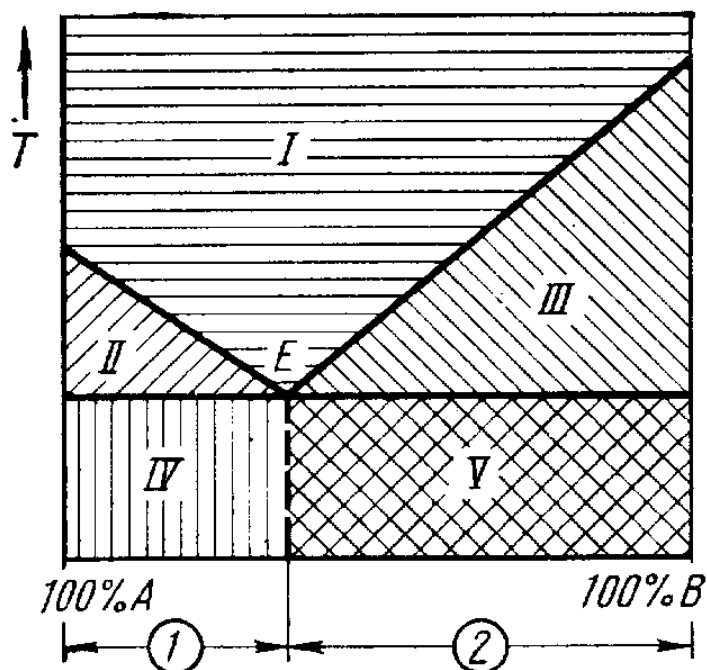


Рисунок 1.4 – I – гомогенний розплав; II – A-кристали і розплав; III – B-кристали і розплав; IV – A-кристали і евтектика; V – B-кристали і евтектика; 1 – доевтектичні сплави; 2 – заевтектичні сплави; E – евтектика.

2. Подвійна діаграма стану системи для випадку необмеженої розчинності компонентів у рідкому і твердому станах(рис. 1.5).

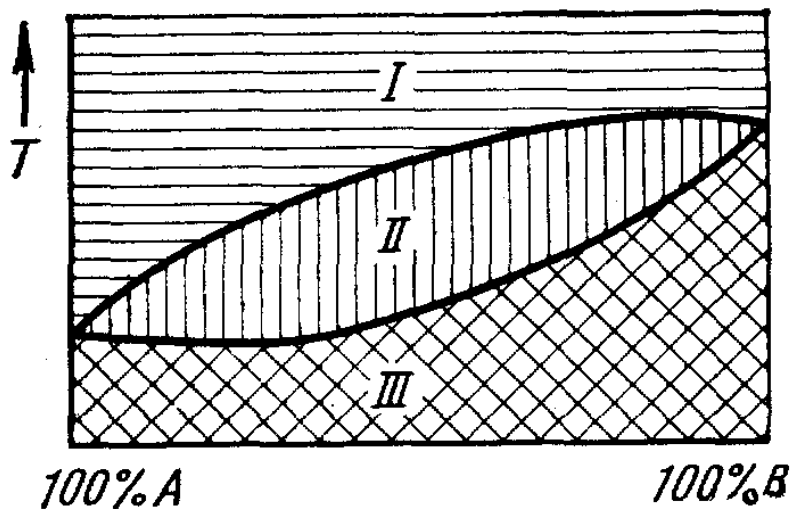


Рисунок 1.5 – I – гомогенний розплав ( $C = 2; K = 2; \Phi = 1$ ); II – розплав і твердий розчин ( $C = 1; K = 2; \Phi = 2$ ); III – тверда фаза ( $C = 2$ ) – твердий розчин заміщення

3. Подвійні діаграми стану системи для випадку необмеженої розчинності компонентів у рідкому стані та обмеженої їх розчинності у твердому стані. Поділяються на діаграми з евтектикою (рис. 1.6) і перитектикою (рис. 1.7).

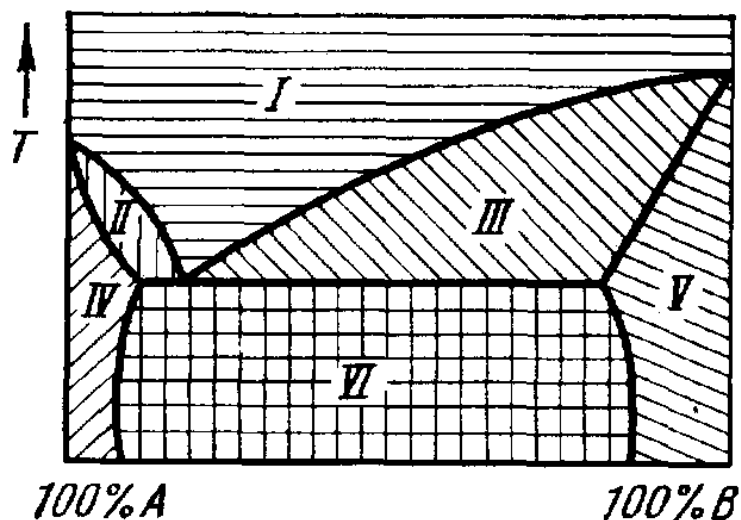


Рисунок 1.6 – Подвійна діаграма стану системи з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані і евтектичним перетворенням: I – розплав; II – розплав +  $\alpha$ -твердий розчин; III – розплав +  $\beta$ -твердий розчин; IV –  $\alpha$ -твердий розчин; V –  $\beta$ -твердий розчин; VI –  $\alpha$ - і  $\beta$ -тверді розчини

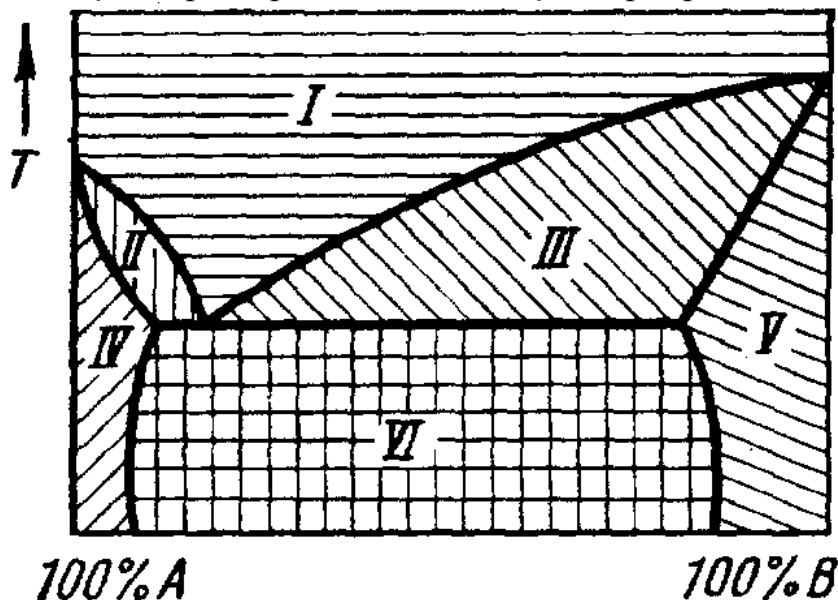


Рисунок 1.7 – Подвійна діаграма стану системи з обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані і перитектичним перетворенням; позначення такі ж, як на рис. 1.6

Тверді розчини на базі решітки  $A$ -компонента позначаються  $\alpha$ -твердими розчинами, на базі решітки  $B$ -компонента –  $\beta$ -твердими розчинами. Вони можуть бути твердими розчинами проникнення чи заміщення.

4. Подвійна діаграма стану системи для випадку утворення інтерметалічних фаз. У загальному вигляді інтерметалічна фаза позначається як  $A_mB_n$ .

Утворення інтерметалічних фаз можливе:

## Матеріалознавство

а) при кристалізації з розплаву; решітки компонентів  $A$  і  $B$  визначають можливість лише обмеженої розчинності; конгруентно плавкі сплави з температурним мінімумом на лінії ліквідуса;

б) в результаті перитектичного перетворення як наслідок реакції між двома розплавами; неконгруентно плавкі сплави (так званий закритий максимум).

Інтерметалічна фаза поводить себе при твердінні, як чиста речовина (рис. 1.8).

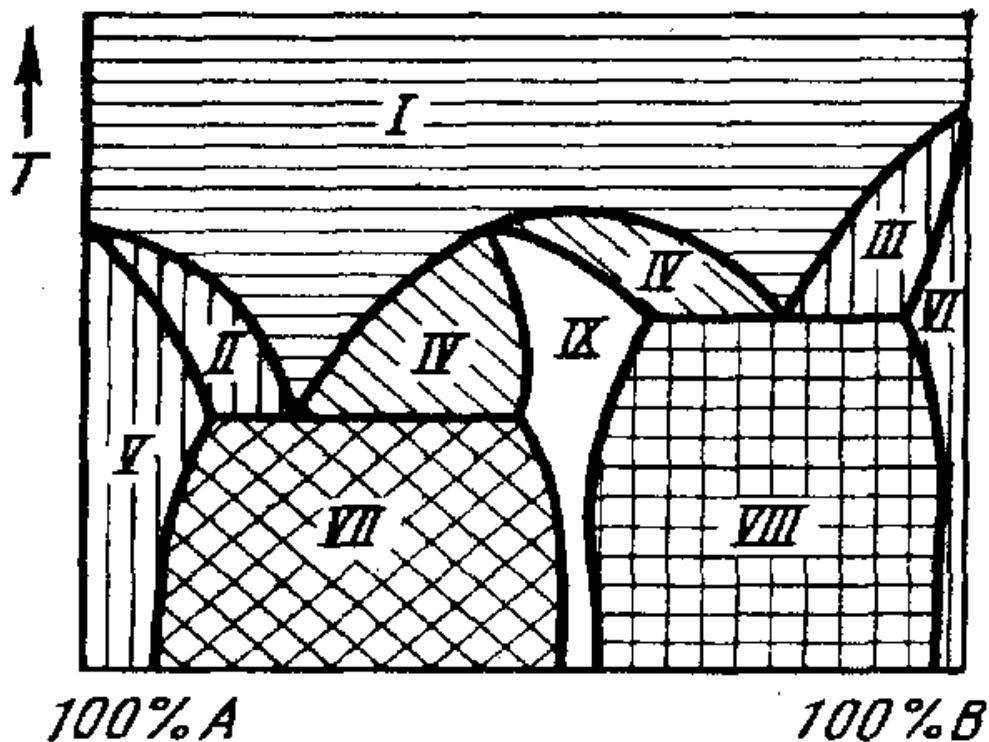


Рисунок 1.8 – I – розплав; II – розплав +  $\alpha$ -твердий розчин; III – розплав +  $\beta$ -твердий розчин; IV – розплав +  $A_mB_n$ ; V –  $\alpha$ -твердий розчин; VI –  $\beta$ -твердий розчин; VII –  $\alpha$ -твердий розчин +  $A_mB_n$ ; VIII –  $\beta$ -твердий розчин +  $A_mB_n$ ; IX –  $A_mB_n$

Розглянемо, наприклад, зміну твердості й електричної провідності залежно від складу і типу структури сплаву, що містить два компоненти  $A$  і  $B$  (рис. 1.9). У сплавах типу механічної суміші (рис. 1.9а) фізичні і механічні властивості змінюються залежно від складу лінійно. У сплавах типу твердих розчинів ці властивості змінюються за криволінійною залежністю. Так, твердість при зростанні концентрації компонента  $B$  (рис. 1.9б) спочатку зростає, а потім зменшується, тому що електрична провідність спочатку зменшується, а потім зростає.

У сплавах, що утворюють хімічну сполуку (рис. 1.9в), залежність властивостей від складу виражається ламаною лінією з характерним зломом у точці, яка відповідає складу хімічної сполуки.



## Матеріалознавство

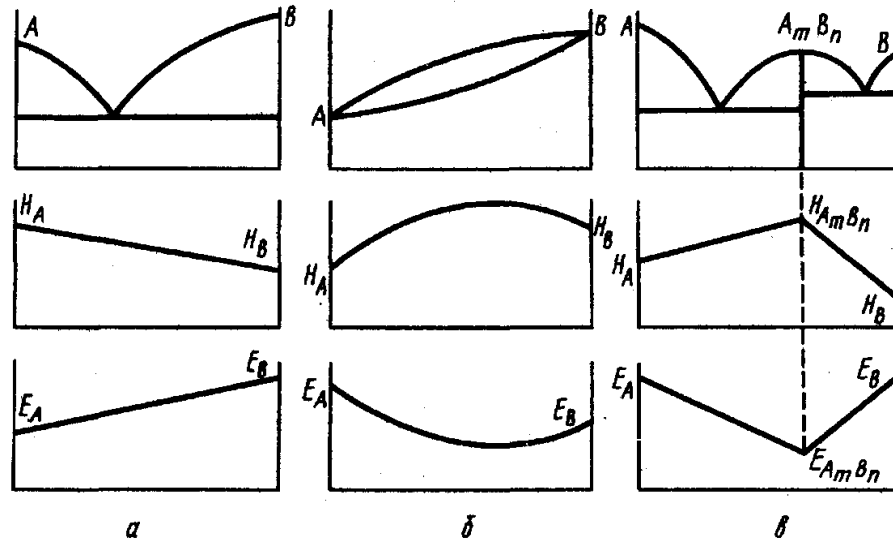


Рисунок 1.9 – Діаграма склад-властивості

Існує певний зв'язок між типом діаграми стану для двокомпонентних сплавів і технологічними властивостями. Так, сплави типу твердих розчинів мають низькі ливарні якості (погана рідкоплинність, схильність до утворення тріщин). Для одержання високих ливарних якостей концентрація компонентів у ливарних сплавах повинна перевищувати їхню максимальну розчинність у твердому стані і наближатися до евтектичного складу.

Для евтектичних сплавів характерна висока рідкоплинність, а склади, що відповідають області однорідних твердих розчинів, пластичні і внаслідок цього добре оброблюються тиском (прокатка, кування, пресування). Пластичність значно знижується при утворенні евтектики, тому в деформованих сплавах максимальна розчинність при евтектичній температурі звичайно відповідає верхній границі вмісту компонентів.

### ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

1. Побудувати на міліметровому папері діаграму стану сплавів (варіанти для студентів обирає викладач).
2. За точками, вказаних викладачем на побудованих діаграмах, визначити:
  - а) фазові переходи сплавів від кімнатних температур до температур вище лінії ліквідус;
  - б) число ступенів вільності для різних температурних областей, які не мають фазових переходів;
  - в) кількість твердих і рідких фаз для конкретних температур;
  - г) хімічний вміст твердих і рідких фаз для тих самих температур.

**Завдання 1.** Два компоненти сплаву утворюють діаграму типу “механічна суміш”.

## Матеріалознавство

Варіант	Температура плавлення	Температура евтектики	Склад евтектики
1	Cu – 1084°C, Bi – 271°C	271 °C	Bi – 99,8 %, Cu – 0,2 %
2	Al – 660°C, Si – 1417°C	578 °C	Al – 88,3 %, Si – 11,7 %
3	Zn – 419°C, Cu – 1084°C	266 °C	Zn – 17,4 %, Cu – 82,6 %
4	Sn – 232°C, Zn – 419 °C	200 °C	Sn – 8 %, Zn – 92 %

**Завдання 2.** Два компоненти сплаву утворюють діаграму типу “твердий розчин з необмеженою розчинністю”.

Варіант 1. Температура плавлення золота (Au) – 1064°C, срібла (Ag) – 960°C. Температура кристалізації сплавів, що містять золото:

Вміст золота, %	Початок кристалізації, °C	Кінець кристалізації, °C
20	990	976
40	1013	993
60	1032	1012
80	1048	1035

Варіант 2. Температура плавлення міді (Cu) – 1084°C, нікелю (Ni) – 1455°C. Температура кристалізації сплавів, що містять нікель:

Вміст нікелю, %	Початок кристалізації, °C	Кінець кристалізації, °C
25	1215	1145
50	1315	1225
75	1395	1325

Варіант 3. Температура плавлення сурми (Sb) – 630°C, вісмуту (Bi) – 271°C. Температура кристалізації сплавів, що містять вісмут:

Вміст вісмуту, %	Початок кристалізації, °C	Кінець кристалізації, °C
------------------	---------------------------	--------------------------

## Матеріалознавство

10	620	510
30	590	400
50	540	340
70	470	300
90	350	280

**Варіант 4.** Температура плавлення титану (Ti) –1665°C, молібдену (Mo) –2620°C. Температура кристалізації сплавів, які містять молібден:

Вміст молібдену, %	Початок кристалізації, °C	Кінець кристалізації, °C
20	2050	1770
40	2250	1890
60	2420	2050
80	2530	2290

**Завдання 3.** Два компоненти сплаву утворюють діаграму типу “твердий розчин з обмеженою розчинністю”

Варіант	Температура плавлення, °C	Температура евтектики, °C	Максимальна розчинність
1	Al – 660 Cu – 1089	548	Склад евтектики: Cu–33%, Al–67% Cu в Al – 5,7% при 548°C Cu в Al – 0,5% при 20°C Al в Cu – 7% при 548°C Al в Cu – 2% при 20°C
2	Pb – 327 Sn – 232	183	Склад евтектики: Sn – 61,9%, Pb – 38,1% Sn в Pb – 19,5% при 183°C Sn в Pb – 2% при 20°C Pb в Sn – 2,6% при 183°C Pb в Sn – 0,5% при 20°C

У кінці звіту провести аналіз властивостей сплавів різного вмісту на діаграмах, запропонованих викладачем, та захистити звіт.

## Матеріалознавство

### ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ З ТЕМИ ТА КОНТРОЛЮ ЗНАТЬ СТУДЕНТІВ:

1. Поняття сплавів. Класифікація сплавів.
2. Які основні фази в сплавах Ви знаєте?
3. Що таке твердий розчин? Які види твердих розчинів Ви знаєте?
3. Назвіть основні типи діаграм стану сплавів.
4. У чому полягає правило фаз ?
5. У чому полягає правило відрізків?
6. Як пов'язані діаграми стану сплавів з їхніми властивостями?

### Висновки

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

### ВИВЧЕННЯ МІКРОСТРУКТУРИ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ

---

**Мета:** ознайомитися зі структурою сталей і чавунів у рівноважному стані, набути навичок у визначенні виду сплаву, його структури за допомогою металографічного мікроскопа.

**Прилади і матеріали:** рисунки мікрошліфів, діаграма стану сплавів системи залізо-вуглець.

### ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Від структури сплавів залежать показники якості і довговічність виробів. Знання взаємозв'язку експлуатаційних властивостей виробів зі структурою металів допомагає глибокому розумінню показників якості металогосподарських товарів, вимог стандартів щодо марок чавунів і сталей, твердості робочих частин ножів, ручних знарядь праці та інших виробів.

**Мікроструктурою** називають структуру, що спостерігається під мікроскопом (рис. 2.1).

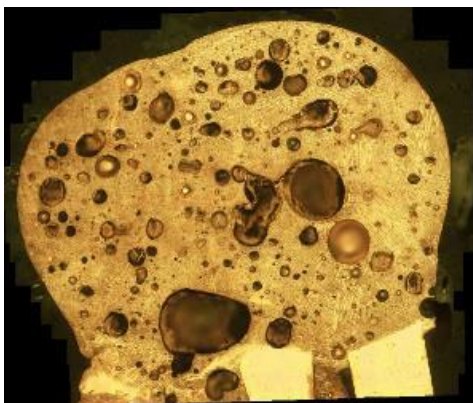
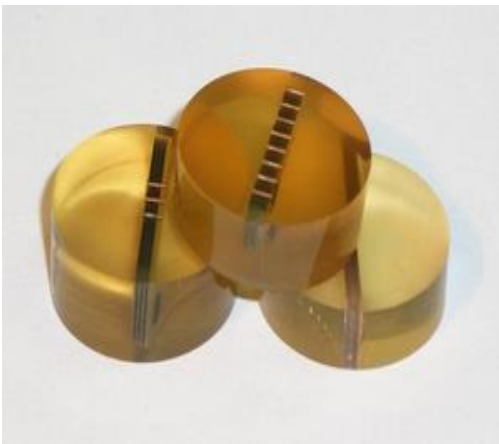


Рисунок 2.1 – Мікрофотографія мікроструктури оплавлення електродуги мідного провідника з характерними ознаками короткого замикання

**Мікроструктурним аналізом (мікроаналізом)** називають дослідження структури металів і їх сплавів за допомогою мікроскопа.

Мікроаналіз структури металів і їх сплавів дозволяє виявити величину, форму і розташування зерен; структурні складові сплавів, на основі чого можна орієнтовно визначити хімічний склад відпаленої вуглецевої сталі; забрудненість металу неметалевими вкрапленнями (сульфідами, оксидами, шлаком та ін.); мікрodefекти (раковини, мікротріщини тощо).

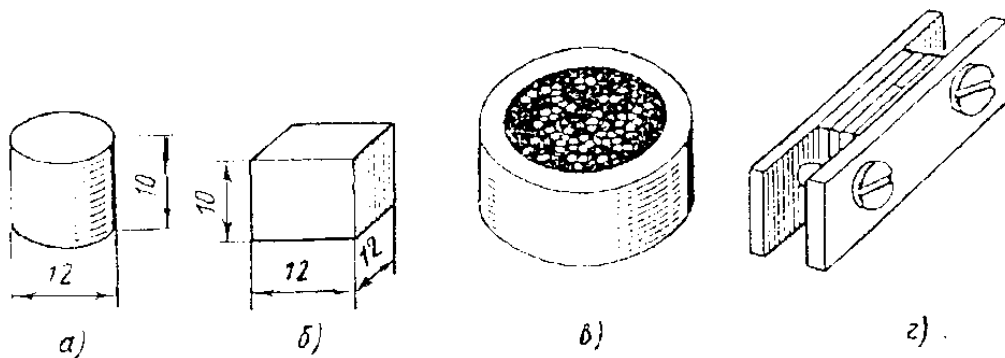
Мікроаналіз звичайно проводять на спеціально підготовлених зразках, що називаються **мікрошліфами** (рис. 2.2).



*Рисунок 2.2 – Мікрошліф друкованої плати*

Операціями приготування мікрошліфа є: відбір зразків, отримання плоскої поверхні, шліфування, полірування, травлення.

Зразки (рис. 2.3) отримують механічним (рубання, різання, фрезування) чи анодно-механічним способом. Вплив наклепу і нагріву при цьому можна звести до мінімуму, застосовуючи малі подачі та охолодження.



*Рисунок 2.3 – Нормальні розміри металографічних зразків (а і б) і пристосування для монтування зразків малого розміру (в і г)*

Для різання твердих матеріалів використовують абразивні відрізні круги. При вирізанні проб вогневим різанням залишають припуск 15–20 мм для подальшої механічної обробки.

Отримання плоскої поверхні зразка досягається заточуванням на абразивному крузі.

## Матеріалознавство

*Шліфування* починають на шкурці з більшим зерном, потім поступово переходять на шкурку з дрібнішим абразивним зерном.

Шліфування застосовується для видалення наклепаного шару, грубих подряпин на поверхні шліфа і є підготовчою операцією перед поліруванням. Для отримання задовільної поверхні необхідно при кожному переході на новий абразив змінювати напрямок руху зразка на 90 градусів і шліфування вести до повного зникнення рисок від попередньої операції.

Можна шліфувати також спеціальними пастами, нанесеними на невеликі аркуші креслярського паперу.

*Полірування.* Після закінчення шліфування на наждачному папері найдрібнішої зернистості зразок полірують. Полірувати можна механічним, хіміко-механічним та електролітичним способами.

*Механічне полірування* проводиться на швидкообертючих дисках полірувального верстата. Диски обтягнуті сукном чи фетром і за час полірування змочуються тонким струменем водного розчину оксиду алюмінію чи оксиду хрому.

При *хіміко-механічному поліруванні* як полірувальний матеріал застосовують пасти, до складу яких разом з абразивами входять поверхнево-активні речовини, що хімічно впливають на поверхню оброблюваного матеріалу.

При *електричному поліруванні* зразок використовується як анод. Катодом слугує пластинка з нержавіючої сталі. Шліфовану поверхню зразка розташовують навпроти катода. Склад електроліту і густину струму вибирають залежно від матеріалу шліфа. При вмиканні струму відбувається розчинення виступів на шліфувальній поверхні (анодне розчинення), у результаті чого поверхня зразка поступово стає рівною (дзеркальною). Важливою перевагою цього способу полірування є відсутність наклепу поверхневих шарів, що має місце при механічному поліруванні. Після отримання дзеркальної поверхні зразок промивають водою і етиловим спиртом, потім просушують прикладанням фільтрувального паперу або струменем гарячого повітря.

При спостереженні полірованого зразка під мікроскопом буде видно світле поле, на котрому можна виявити різного роду неметалеві вкраплення чи дефекти: мікропористість, мікротрещини.

Для виявлення мікроструктури поліровану поверхню зразка піддають *травленню*, тобто дії розчинів кислот, лугів, солей. У результаті різної інтенсивності розчинення створюється рельєф поверхні шліфа. При освітленні поверхні шліфа падаючим світлом в мікроскопі відбувається часткове розсіювання світла і утворення тіньових картин, за якими і можна судити про структуру сплаву.

## Матеріалознавство

Наприклад, для сталі й чавуну використовують 4 %-ний розчин нітратної кислоти в спирті. Травлення ґрунтується на тому, що полірована поверхня шліфа, зануреного в реактив, являє собою багатоелектродний гальванічний елемент. Різні структурні складові металу в електроліті є анодними і катодними ділянками; наприклад, в евтектоїдній сталі кристали цементиту будуть катодами, оскільки вони мають більш позитивний електродний потенціал, а кристали фериту – анодами.

При травленні анодні ділянки розчиняються, на поверхні зразків виникають западини, катодні ділянки залишаються незмінними. Утворені на анодних ділянках западини відбивають форму призми структурних складових сплаву.

### ДІАГРАМА СТАНУ “ЗАЛІЗО-ЦЕМЕНТИТ”

Щоб добре розумітися на мікроструктурах залізовуглецевих сплавів, потрібно ретельно вивчити діаграму “залізо-цементит”.

Діаграма стану Fe–Fe<sub>3</sub>C (залізо - цементит) репрезентована на рис. 2.4. На вісі абсцис на діаграмі наведений вміст вуглецю і цементиту. Кількість цементиту в сплаві дорівнює 15-кратному вмісту вуглецю. На діаграмі є вісім однофазних ділянок: на лівій вісі ординат відрізок AN відповідає  $\alpha$  ( $\delta$ )-залізу, відрізок NG –  $\gamma$ -залізу, відрізок нижче точки G –  $\alpha$ -залізу.

Оскільки кожна з цих модифікацій заліза взаємодіє з вуглецем, то діаграму стану можна розглядати як триповерхову, що складається з частин I, II, III (рис. 2.4). Всі модифікації заліза утворюють з вуглецем тверді розчини проникнення. В області AN твердий розчин вуглецю в  $\alpha$ -залізі – *ферит* (Ф) (іноді позначають  $\delta$ -твердий розчин). В області AJESG твердий розчин вуглецю в  $\gamma$ -залізі – *аустеніт* (А). В області GSO твердий розчин вуглецю – в низькотемпературній модифікації  $\alpha$ -заліза (Ф).

Розчинність вуглецю в  $\alpha$ -залізі вельми незначна, при температурі 600°C становить близько 0,01%.

У  $\gamma$ -залізі розчинність вуглецю доходить до 2,14%.

Права ордината DFKL діаграми Fe–Fe<sub>3</sub>C (рис. 2.4) відповідає цементиту. Область вище лінії ліквідус ABCD відповідає рідкому стану (P).

Складний вид діаграми Fe–Fe<sub>3</sub>C пояснюється тим, що залізо володіє поліморфними перетвореннями у твердому вигляді.

Поліморфізм заліза обумовлює і поліморфні перетворення в залізовуглецевих сплавах. У залізовуглецевих сплавах можливі три перетворення, за яких число ступенів свободи дорівнює нулю, тобто має місце співіснування трьох фаз.

## Матеріалознавство

При 1499°C (лінія *HJB*,  $P + \delta \rightarrow A$ ) має місце перитектичне перетворення (рис. 2.4).

При 1147°C (лінія *ECF*,  $P_{4,3} \rightarrow E$  ( $A + \text{Ц}$ ) – ледебурит (Л)) має місце евтектичне перетворення.

У результаті евтектичного перетворення утворюється евтектична суміш аустеніту і цементиту, яка називається *ледебуритом*.

При 727°C (лінія *PSK*,  $A_{0,8} \rightarrow E$  ( $\Phi + \text{Ц}$ ) – перліт) має місце евтектоїдне перетворення. Як результат цього перетворення утворюється евтектоїдна суміш фериту і цементиту, що називається *перлітом*.

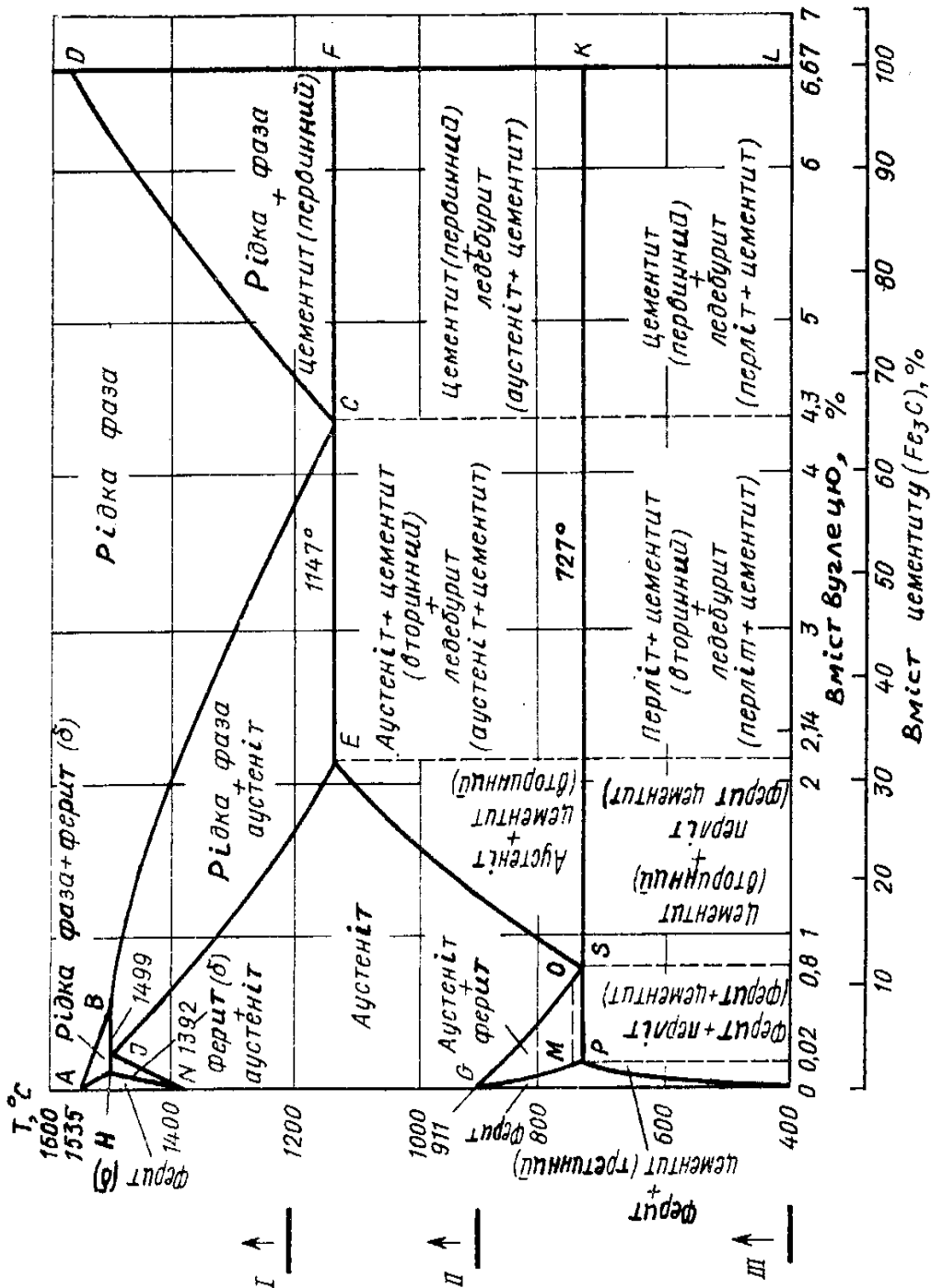


Рисунок 2.4.– Діаграма стану “залізо-цементит



## Матеріалознавство

Відсутність у структурі сплавів (з вмістом вуглецю менше 2,14%) крихкої евтектики робить сплави ковкими і пластичними, що є характерною особливістю сталей. У той же час наявність легкоплавкого ледебуриту в структурі сплавів (з вмістом вуглецю вище 2,14 %) збільшує ливарні якості цих сплавів.

Відповідно до діаграми Fe–Fe<sub>3</sub>C залізовуглецеві сплави з вмістом вуглецю менше 2,14% називаються **сталями**, сплави з вмістом вуглецю більше 2,14 % – **чавунами**. Чавуни, що кристалізуються відповідно до діаграми Fe–Fe<sub>3</sub>C, відрізняються високою крихкістю. Колір їх злому сріблясто-білий. Такі чавуни називаються *білими* (на відміну від сірих, ковких і високоміцних чавунів, у структурі яких вуглець в основному знаходиться у вигляді графітової фази).

За кількістю вуглецю і за структурою сталі поділяються на: *доевтектоїдні* (0,02% < C < 0,8%), структура перліт + ферит (П + Ф); *евтектоїдні* (C = 0,8%), структура перліт (П); *заевтектоїдні* (0,8 % < C < 2,14%), структура перліт + вторинний цементит (П+Ц<sub>II</sub>). Типові структури сталей наведені на рис. 2.5 а...е.

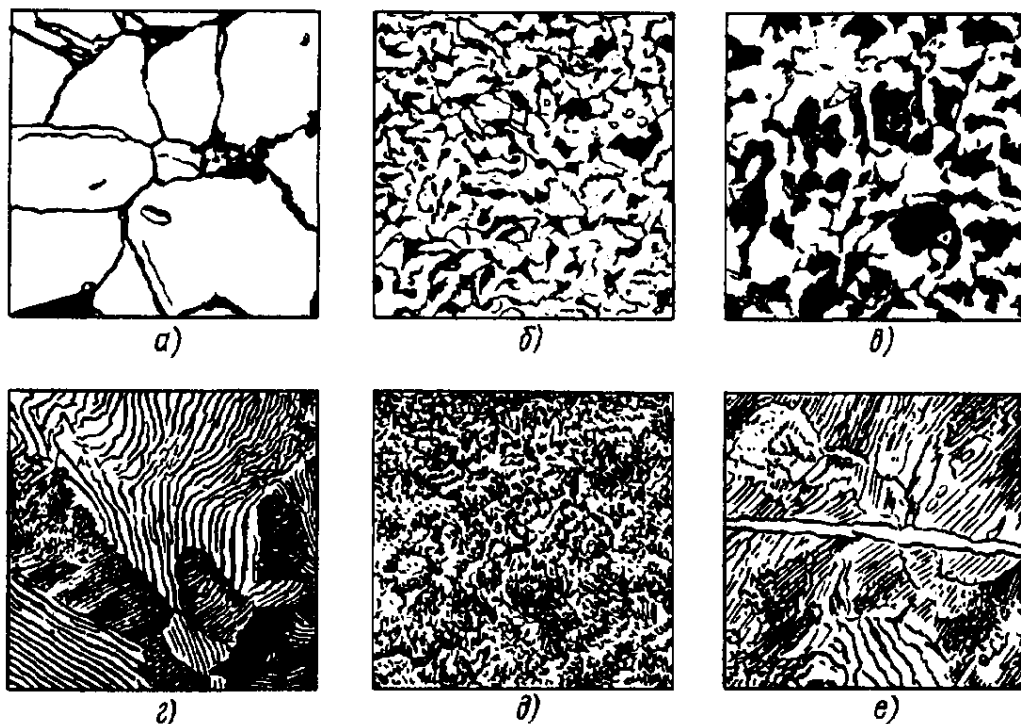


Рисунок 2.5 – Мікроструктури сталей:

- a* – C = 0,05 %, структура Ф + Ц<sub>II</sub>;
- б* – C = 0,15 %, доевтектоїдна сталь, структура Ф + П;
- в* – C = 0,35 % доевтектоїдна сталь, структура Ф + П;
- г* – C = 0,8 %, евтектоїдна сталь, структура – пластинчастий перліт П;
- д* – C = 0,8 %, евтектоїдна сталь, структура – зернистий перліт П;
- е* – C = 1,2%, заевтектоїдна сталь, структура П + П<sub>II</sub>; (×500)

**Матеріалознавство**  
**ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

1. Виконати завдання: розглянути й вивчити рисунки мікрошліфа і скласти короткий опис структури в таблиці:

Рисунок структури	Назва елементів структури	Очікувані властивості
<i>2.5a</i>		
.....		
<i>2.5e</i>		

**Висновки**

**Питання для підготовки з теми та контролю знань студентів:**

1. Яка послідовність операцій при виготовленні мікрошліфів?
2. Які оптимальні розміри мікрошліфів?
3. Яку поверхню отримують після шліфування?
4. Які Ви знаєте види полірування?
5. Яку поверхню отримують після полірування шліфа?
6. Які переваги електролітичного полірування перед механічним?
7. Які елементи структури можна визначити на нетравленій поверхні шліфа?
8. Яке призначення травлення?
9. Які речовини найчастіше використовуються для травлення мікрошліфів?
10. Що розуміють під терміном мікроструктура металу?
11. Назвіть основні елементи рівноважної структури сталі.
12. Який вигляд під мікроскопом має ферит, цементит, перліт?
13. Охарактеризуйте структуру сталей, що містять до 0,006% вуглецю; до 0,025% вуглецю; більше 0,025% вуглецю.
14. У чому полягають особливості структури сталей, що містять 0,8% вуглецю; 1% вуглецю?
15. Як впливає вміст вуглецю на властивості сталі?

## ПРОДУКЦІЯ ЧОРНОЇ МЕРАЛУРГІЇ. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАЛІВ. ЧАВУНИ

---

**Мета:** вивчення класифікації металів і сплавів; асортименту та характеристик чавунів.

**Матеріали та обладнання:** зразки чавунів, нормативна документація.

### Питання для підготовки з теми та контролю знань студентів:

- Види та основні властивості металів.
- Класифікація залізовуглецевих сплавів.
- Хімічний склад чавунів.
- Як класифікують чавуни?
- Наведіть характеристику сірих, високоміцних і ковких чавунів.
- Наведіть характеристику легованих чавунів.
- Наведіть характеристику ливарних і перероблених чавунів.

### ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

#### Загальна характеристика металів і сплавів

Метали є найбільш поширеним конструкційним матеріалом в обладнанні харчової та переробної промисловості України.

Метали – тверді при кімнатній температурі (крім ртуті), непрозорі кристалічні тіла, що мають характерний металевий блиск, ковкість, високу електро- і теплопровідність, міцність, в'язкість, пластичність.

За прийнятою у металознавстві класифікацією метали як сировина можуть бути згруповані за умовною комплексною ознакою: *чорні та кольорові*. До чорних металів відносяться залізо і його сплави з вуглецем (сталь і чавун) та марганець і хром; до кольорових (не залізних) – решта металів. Як чорний метал, марганець входить до складу практично всіх вуглецевих і легованих сталей та чавуну. Хром також є компонентом великої кількості легованих залізовуглецевих сплавів.

Метали мають властивості:

- фізичні – густина, температура плавлення, коефіцієнт теплового розширення, електричний опір, електропровідність;
- хімічні – здатність протидіяти негативному впливу довкілля, кислот, лугів та інших хімічних сполук – корозійна стійкість;

## Матеріалознавство

- механічні – міцність, пластичність, твердість, крихкість, пружність, стійкість до стирання, стійкість до зношування, повзучість;
- технологічні – здатність до обробки різанням і тиском, зварюваність, ливарні властивості, зміцнюваність.

**Металеві сплави** – це сполуки двох або декількох металів, один з одним або з неметалами (металоїдами). Кількість сплавів, які можна одержати, практично не обмежена, а їх властивості, що визначаються хімічним складом, вельми різноманітні. Тому у техніці найбільше розповсюдження одержали сплави.

Металеві сплави класифікують за такими ознаками:

- за призначенням: загального призначення і спеціальні;
- за кількістю елементів (компонентів): подвійні (бінарні) і складні;
- за наявністю спеціальних домішок: нелеговані та леговані (із спеціальними добавками), у тому числі низьколеговані, середньолеговані і високолеговані;
- за структурою: тверді розчини, хімічні сполуки і механічні суміші;
- за способом отримання виробів: такі, що деформуються і ливарні;
- за хімічним складом і властивостями: прецизійні (з нормованим складом і специфічними властивостями) та звичайні.

### Загальна характеристика сталей та чавунів

**Залізовуглецеві сплави** – сталі та чавун мають виключно широке застосування в машинобудівельній та інших галузях промисловості.

В залізі вуглець розчиняється обмежено і утворює за масової частці 6,67% хімічну сполуку  $Fe_3C$ , яка називається цементитом.

Структура залізовуглецевих сплавів знайшла відображення у діаграмі залізо-цементит (вуглець у складі цементиту), основні залежності за діаграмою наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

#### Класифікація залізовуглецевих сплавів

Характеристика	Вміст вуглецю, %						
		<0,025	0,025-0,8	0,8	0,8-2,14	2,14-4,3	4,3

## Матеріалознавство

Структура	Ферит	Перліт + ферит	Перліт	Перліт + вторинний цементит	Ледебурит + перлітно-цементитна	Ледебурит	Ледебурит + первинний
Клас	Технічне залізо	Сталь			Чавун		
Підклас	-	До евтектоїдна	Евтектоїдна	Заевтектоїдна	Доєвтектичний	Евтектичний	Заєвтектичний

Діаграма Fe-C є основою для класифікації залізовуглецевих сплавів. В залежності від вмісту вуглецю сплави системи  $Fe-Fe_3C$  поділяють на три великі класи:

- технічне залізо (масова доля вуглецю до 0,025%);
- сталі (0,025 – 2,14%);
- чавуни (2,14 – 6,67%).

Інколи технічне залізо відносять до низьковуглецевої сталі. Кожний клас залізовуглецевих сплавів за видом структури може підрозділятися на підкласи. Наведена класифікація відображає реальні зміни властивостей вуглецевих сталей і чавунів в залежності від вмісту вуглецю. Маловуглецеве технічне залізо має високу пластичність і малу міцність. Сталь характеризується високою міцністю та достатньою пластичністю. Чавуни мають високу твердість і хрупкість та низьку пластичність. Подібні зміни властивостей зі збільшенням кількості вуглецю обумовлені змінами співвідношення м'якого і пластичного фериту та твердого і крихкого цементиту.

### Класифікація і асортимент чавунів

**Чавун** – один з головних конструкційних матеріалів: 20-40% маси різних машин, механізмів і устаткування складають чавунні деталі. Переваги чавуну, що визначають його широке застосування, – простота отримання і дешевизна, технологічність (один з кращих ливарних сплавів), високі характеристики міцності, зносостійкості, в'язкості, теплостійкості та корозійної стійкості.

Чавун – сплав заліза з вуглецем (2,5 – 4,0%). Вуглець у чавуні присутній у зв'язаному (цементит  $Fe_3C$ ) і у вільному (графітні включення) стані. Кількість і форма включень визначають основні механічні властивості чавуну. Чим менше

## Матеріалознавство

графічних включень, чим вони дрібніші і більший мірі ізольовані, тим вища міцність чавуну.

Чавуни класифікують за такими ознаками: за вмістом зв'язаного вуглецю, за формою графітних включень, за хімічним складом та призначенням.

За вмістом зв'язаного вуглецю розрізняють такі види чавунів:

- *білий* – весь вуглець знаходиться у зв'язаному стані. На зламі він має світлий металевий блиск, тому і називається білим. Його частка – понад 80% чавунів, що виплавляється у домнах, і основна його кількість переробляється на сталь;
- *половинчастий* – значна частина вуглецю (більше 0,8%) знаходиться у зв'язаному стані;
- *сірий* – за вмістом і способом зв'язку вуглецю поділяється на різновиди: перлітовий (знаходиться у зв'язаному стані 0,7-0,8% вуглецю), феритно-перлітовий (0,1-0,7%), феритний (весь вуглець знаходиться у вигляді графіту).

Види чавуну за формою графітних включень: сірий; високоміцний; ковкий.

**Сірий чавун** – графіт у формі пластин різного розміру, добре обробляється різанням і серед ливарних чавунів є найпоширенішим. Маркується буквами **СЧ** і **цифрами**, що вказують середню величину тимчасового опору при розтягуванні ( $\text{МПа} \times 10^{-1}$ ). Відливки з сірого чавуну використовують для виготовлення маловідповідальних деталей – чавуни марок СЧ 10, СЧ 15; для відповідальних деталей (станин верстатів і механізмів, поршнів, циліндрів, блоків двигунів тощо) – чавуни марок СЧ 18, СЧ 21, СЧ 24, СЧ 25, СЧ 30, СЧ 35, СЧ 40, СЧ 45.

**Високоміцний чавун** – має кулясті графітні включення. Виробляють обробкою розплавленого чавуну присадками магнію, церію або інших лужних або лужноземельних металів. Має механічні властивості, що не поступаються вуглецевій сталі (високу пластичність, в'язкість, теплостійкість, зносостійкість), міцність в 3 рази більша ніж у сірого чавуну, хороші ливарні властивості. Обробляється різанням. Маркується буквами **ВЧ** і **цифрами**: перші дві – середнє значення тимчасового опору при розтягуванні ( $\text{МПа} \times 10^{-1}$ ), інші – відносне видовження, %.

Чавуни марок ВЧ 42-12, ВЧ 38-17, ВЧ 45-5, ВЧ 50-2, ВЧ 60-2, ВЧ 80-3, ВЧ 100-4, ВЧ 120-4 застосовують для виготовлення колінчастих валів, кришок циліндрів та інших деталей двигунів; деталей прокатних станів, ковальсько-пресового, хімічного і нафтового устаткування.

## Матеріалознавство

**Ковкий чавун** – графіт має форму пластівців. Одержують відпалом (тривалим нагрівом при високих температурах) відливок білого чавуну. За властивостями займає проміжне місце між сірими чавунами і сталями (має хороші ливарні властивості, достатньо високу міцність і пластичність). Такі чавуни маркують буквами **КЧ** і **цифрами**: перші дві – тимчасовий опір при розтягуванні, ( $\text{МПа} \times 10^{-1}$ ), інші – відносне видовження, %. Наприклад, КЧ 30-6, КЧ 35-10, КЧ 45-7, КЧ 70-2. Ковкий чавун використовують для виготовлення деталей, що експлуатуються за значних динамічних і статичних навантажень.

Види чавунів за хімічним складом: звичайні; модифіковані; леговані.

**Модифіковані чавуни** одержують додаванням в рідкий чавун перед розливанням спеціальних добавок – модифікаторів (феросиліцію, силікокальцію, графіту тощо), що дозволяє підвищити механічні властивості чавунів.

**Леговані чавуни** мають у складі спеціальні легуючі елементи (хром, нікель, мідь, титан, алюміній, молібден), що помітно поліпшують його механічні, фізичні і технологічні властивості. За сумарним вмістом легуючих елементів ці чавуни бувають низько- (до 3%), середньо- (3-10%) і високолеговані (понад 10%). Якщо легуючі елементи вже містяться в залізняку, то чавуни називають природно легованими.

Леговані чавуни є конструкційні, зносостійкі (ЧХЗТ, ЧХ9Н5, ЧХ28Д2, ЧГ6СЗШ та інші), антифрикційні (АЧС-1, АЧС-2, АЧВ-1, АЧВ-2, АЧК-2 та інші), немагнітні, корозійностійкі, жароміцні (ЧН15ДЗШ, ЧС15М4, ЧХ2 та інші), жаростійкі (ЧС5Ш, ЧЮ7Х2, ЧЮ30), ростостійкі (здатні чинити опір незворотному збільшенню об'єму при нагріванні до високих температур). У маркуванні легованих чавунів букви відображають їх властивості: Ч – чавун; легуючі елементи: Х – хром, С – кремній, Г – марганець, Д – мідь, Н – нікель, М – молібден, Т – титан, П – фосфор, Ю – алюміній, буква Ш – кулясті графічні включення. Цифри після букв, що позначають легуючі елементи, вказують на їх вміст у % (якщо цифра відсутня, то вміст легуючого елемента менше 1%).

Класифікація видів чавунів за призначенням: ливарні чавуни та переробні чавуни.

**Ливарні чавуни** – виготовлення виробів методом лиття. Поставляється у вигляді готових відливок або у формі чушок масою 18-45 кг. Ливарний чавун виготовляють марок Л1...Л6, а також марок ЛР1... ЛР7, де Р – рафіновані магнієм, цифра – порядковий номер в залежності від вмісту кремнію.

Чушкові ливарні чавуни бувають: коксові (ЛК), деревно-вугільні (ЛД), спеціальні (КК - для відливання ковкого чавуну, коксовий; КД – деревно-

## Матеріалознавство

вугільний; ВД – для відливання валів прокатних станів, деревно-вугільний; ЛКА – ливарний коксовий для авіапромисловості). Природно леговані хромонікелеві чавуни мають позначення: ЛКЧ1... ЛКЧ6, ХНК2... ХНК5, ХНД2...ХНД5. Цифри в маркуванні позначають порядковий номер, який залежить від вмісту кремнію.

Переробні чавуни призначені для перероблення на сталь. В залежності від призначення виготовляють трьох видів:

- для сталеплавильного виробництва марок П1 і П2 та ливарного виробництва марок ПЛ1 і ПЛ2;
- фосфористий марок ПФ1, ПФ2, ПФ3 (містять 1-2% P);
- високоякісні марок ПВК1, ПВК2, ПВК3 (фосфору та сірки менше 0,1%).

У доменних печах виплавляють три види переробних чавунів: коксовий, фосфористий, дуже якісний. Найбільше виготовляють коксових чавунів. З них варять сталь у мартенівських печах та конвертерах. З фосфористих чавунів, які містять 1-2 % фосфору, варять сталь у мартенівських печах. Високоякісні чавуни мають найменшу кількість шкідливих домішок (фосфору та сірки менше 0,02%). З цих чавунів варять високоякісні сталі в дугових електропечах.

По масовій частці марганцю, фосфору та сірки передільні та ливарні чавуни ділять на групи, класи, категорії. Хімічний склад чавуну представлений в таблиці 3.2

Таблиця 3.2

Хімічний склад чавунів (%)

Чавун	Вуглець	Кремній	Марганець	Фосфор	Сірка
Сірий	2,9–3,7	1,2–2,6	0,5-1,1	до 0,2	до 0,12
Високоміцний	3,2-3,8	1,9-3,8	0,5-0,6	до 0,1	до 0,2
Ковкий	2,4-2,7	1,0-1,4	0,2-1,0	до 0,1	до 0,2

Основні методи зміни властивостей чавуну – регулювання його хімічного складу. Хімічний склад чавуну може бути змінений за вмістом постійних домішок і спеціальним легуванням. Чим вище вміст вуглецю, тим гірше механічні властивості чавуну, але для забезпечення високих ливарних властивостей вміст вуглецю повинен складати не менше за 2,4%. Кремній сприяє збільшенню кількості графіту; марганець перешкоджає графітизації чавуну; фосфор покращує ливарні властивості, підвищує твердість і крихкість. Сірка є шкідливою домішкою. Вона погіршує ливарні властивості, збільшує схильність до утворення тріщин.



## Матеріалознавство

Зміна умов кристалізації зводиться в основному до регулювання швидкості охолодження чавунних відливок. Зменшення швидкості охолодження приводить до збільшення кількості графітних включень, що викликає зниження міцності і пластичності чавуну. Для підвищення механічних властивостей і зняття напруги застосовують термічну обробку чавуну за різних умов. Так, для зняття напруги в крупних відливках застосовують їх відпал за температури 500÷600<sup>0</sup>С протягом 2-10 годин і тривале охолодження. Внутрішня напруга при цьому знижується на 80-90%. Для підвищення механічних властивостей чавунів проводять їх нагрів до 950<sup>0</sup>С, охолодження до 600<sup>0</sup>С, підігрів до 725<sup>0</sup>С і подальша тривала витримка при цій температурі. Для переробки білого чавуну в ковкий відпал проводять в дві стадії: спочатку відливки витримують за температури 950÷970<sup>0</sup>С, потім охолоджують і тривалий час витримують за температури 720÷740<sup>0</sup>С.

Контроль якості рідких і твердих чавунів здійснюється за їх хімічним складом. Документом, що засвідчує якість чавуну, є сертифікат, який містить дані повного хімічного аналізу.

### ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

*Завдання 1. Вивчити загальну характеристику металів та сплавів.*

**Порядок виконання:**

- 1.1 Ознайомитись з основними властивостями металів. Скласти схему властивостей металів.
- 1.2 Вивчити класифікацію металевих сплавів. Скласти схему класифікації сплавів за різними ознаками.

*Завдання 2. Вивчити класифікацію чавунів за різними ознаками.*

**Порядок виконання:**

- 2.1 Скласти схему класифікації чавунів за різними ознаками.

*Завдання 3. Ознайомитись з хімічним складом сірих, високоміцних і ковких чавунів. Проаналізувати вплив основних елементів в складі чавунів на механічні властивості чавунів.*

- 3.1 Заповнити таблицю 3.3.

Таблиця 3.3

Види чавуну, маркування та властивості

Вид чавуну	Форма графіту	Маркування чавуну	Властивості чавуну
сірий			

## Матеріалознавство

високоміцний			
ковкий			
легований			

### Висновки

#### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

#### ПРОДУКЦІЯ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ. СТАЛІ

---

**Мета:** Вивчити класифікацію, асортимент, властивості та призначення сталі.

**Матеріали та обладнання:** зразки сталі, нормативна документація.

#### Питання для підготовки з теми та контролю знань студентів:

- Способи виробництва сталі.
- Поняття про сталь та її хімічний склад.
- Основні легуючі елементи сталі.
- Методи покращення якості сталі.
- Характеристика вуглецевих сталей.
- Характеристика легованих сталей.

#### ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

##### Загальна характеристика сталі

**Сталь** – це сплав заліза з вуглецем і іншими елементами, де вміст вуглецю становить 0,03 – 2% (найчастіше – 0,1-1,4%).

За хімічним складом сталь відрізняється від чавуну меншим вмістом вуглецю і домішок кремнію, марганцю, сірки та фосфору.

Сировиною для виробництва сталі є переробний чавун, феросплави, технічно чисті метали (марганець і хром) і вторинні чорні метали (лом і відходи). Переробка чавуну у сталь (видалення вуглецю і частини домішок) здійснюється способами: конвертерним, мартенівським, електроплавильним.

Основні металургійні методи підвищення якості сталі: безперервне розливання, вакуумування рідкої сталі, електрошлакова переплавка, рафінування рідким синтетичним шлаком.

## Матеріалознавство

Властивості сталі визначає її хімічний склад. Вуглець – невід’ємна складова, має основний вплив на властивості, вміст становить 0,1-1,4%; збільшення вмісту підвищує твердість і міцність, зменшує пластичність і в’язкість.

Компоненти сталі ( домішки і добавки) розділяють на 4 групи: постійні, приховані, випадкові і спеціальні.

*Постійні домішки:* марганець, кремній, сірка і фосфор. Марганець відносять до постійних домішок за вмістом менше 1% і до легуючих елементів за вмістом понад 1%; розкислювач; підвищує міцність, зносостійкість, ріжучі властивості сталі. Кремній – розкислювач сталі і легуючий елемент (за вмісту понад 0,8%); збільшує міцність, пружність, корозійну стійкість і жаростійкість, знижує ударну в’язкість. Сірка робить сталь “червоноламкою”. Фосфор, підвищує твердість, знижує ударну в’язкість і викликає “холодостійкість” – крихкість за температур нижче мінус 50°C.

*Приховані домішки:* кисень, азот і водень. Вони частково розчинені в сталі і присутні як неметалічні включення (оксиди, нітриди); є шкідливими, оскільки розпушують метал під час його гарячої обробки, викликають появу в тілі металу тріщин (флокен).

*Випадкові добавки:* мідь, цинк, свинець, хром, нікель та інші метали, що потрапляють в сталь з шихтами; в залежності від виду домішки вони або покращують, або погіршують якість сталі.

*Спеціальні добавки* (легуючі елементи) – вводять для надання сталі певних властивостей. Найчастіше це марганець, кремній, хром, нікель, молібден, вольфрам, ванадій, бор, ніобій, цирконій, мідь, селен і телур.

Сталь класифікують за такими ознаками:

- хімічний склад – вуглецева і легована;
- спосіб виробництва – конвертерний, мартенівський і електроплавильний;
- спосіб виготовлення виробів – ливарна, кована, штампована та ін.;
- спосіб розкислення – кипляча, напівспокійна, спокійна;
- призначення – конструкційна, інструментальна, будівельна, жаростійка та ін.;
- структура – перлітного, мартенівського і аустенітного класів;
- якість – звичайної якості, якісна, високоякісна.

Основною ознакою класифікації сталі є її хімічний склад, за яким сталь є вуглецева або легована.

### Вуглецева сталь

## Матеріалознавство

Вуглецева сталь не містить спеціальних домішок. Вона буває конструкційною та інструментальною.

Конструкційна вуглецева сталь містить 0,1 – 0,85% вуглецю і застосовується для виготовлення конструкцій, споруд, деталей машин.

Конструкційна вуглецева сталь виготовляється звичайної якості, якісною, а також підвищеної і високої здатності оброблятися різанням (автоматна).

Сталь вуглецева конструкційна звичайної якості застосовується для виготовлення зварних і клепаних конструкцій у будівництві і машинобудуванні. Вона призначена для виготовлення прокату гарячекатаного і холоднокатаного, заготовок і виробів різного призначення.

Марки сталі: Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп, Ст4кп, Ст4пс, Ст5пс, Ст5сп, Ст5Гпс, Ст6пс, Ст6сп.

У маркуванні сталі вуглецевої звичайної якості букви Ст означають “сталь”, цифри (від 0 до 6) – умовний номер марки, залежно від хімічного складу і механічних властивостей. Після номера марки додають індекси **кп** – кипляча, **пс** – напівспокійна, **сп** – спокійна. Для позначення сталі з підвищеним вмістом марганцю після номеру марки ставлять букву Г (Ст3Гпс).

За характеристиками якості сталь поділяють на групи А, Б, В. Група А в маркуванні не позначається.

Сталь вуглецева якісна конструкційна використовують переважно в машинобудуванні; порівняно із сталлю звичайної якості до неї передбачають жорсткіші вимоги за вмістом шкідливих домішок, особливо фосфору і сірки (вміст сірки обмежений 0,04%, фосфору – не більше як 0,035%).

Сталь вуглецеву якісну конструкційну випускають марок 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 58, 60, кипляча (кп), напівспокійна (пс), спокійна (сп). Цифра в позначенні марки вказує на середній вміст вуглецю у **сотих долях відсотка**. Якщо сталь термічно оброблена, у маркуванні є позначення буквою Т, якщо нагартована – Н.

Сталь конструкційна підвищеної і високої обробки різанням призначена для оброблення на металорізальних верстатах-автоматах різних деталей (тому її називають також автоматна).

За хімічним складом має шість груп: вуглецева сірчиста, вуглецева свинецьвмісна, вуглецева сірчистоселениста, хромова сірчистоселениста, сернистомарганцевиста свинецьвмісна, легована свинецьвмісна. Марки сталі: А11, А12, А20, А30, А35, А40Г, АС40, А35Е, А45Е, А40ХЕ, АС14, АС35Г2, АС45Г2, АС12ХН, АС14ХГН, АС19ХГН, АС20ХГНМ, АС30ХМ, АС38ХГМ,

## Матеріалознавство

АС40ХГНМ, АС40Х. В маркуванні: А – автоматна, С – свинець, Е – селен, Х – хром, Г – марганець, Н – нікель, М – молібден; цифра – середній вміст вуглецю у *сотих долях відсотка*.

Сталь інструментальна вуглецева містить 0,65 – 1,4% вуглецю, призначена для виготовлення ріжучого, вимірювального, штампувального та інших видів інструменту.

Сталь інструментальна вуглецева є марок У7, У8, У8Г, У9, У10, У11, У12, У13, У7А, У8А, У8ГА, У9А, У10А, У11А, У12А, У13А. У позначенні сталі букви означають: У – вуглецева, А – високоякісна, Г – з підвищеним вмістом марганцю, цифра – середній вміст вуглецю в *десятих долях відсотка*.

## Легована сталь

Легована сталь – це сталь, до складу якої вводять легуючі елементи в кількостях, що помітно змінюють її структуру і властивості. Хімічний склад легованої сталі є основним показником, що визначає її якість та галузі використання. За вмістом легуючих елементів леговані сталі випускають низьколеговані (до 5%), середньолеговані (5-10%) та високолеговані (> 10%).

За призначенням леговані сталі є конструкційні, інструментальні і з особливими властивостями.

Маркування легованих сталей буквено-цифрове: перша 1–2 - значна цифра вказує на середній вміст вуглецю в десятих (для інструментальних) чи сотих (для інших) долях відсотка. Якщо вуглецю в сталі менше 0,04% – знак 00, менше 0,08% – 0; 1% і більше – цифра не проставляється. Літери вказують найменування легуючих елементів: А – азот (всередині маркування), М – молібден, Г – марганець, С – кремній, Х – хром, Н – нікель, Т – титан, В – вольфрам, Ф – ванадій, Ю – алюміній, К – кобальт, Ц – цирконій, Б – ніобій, П – фосфор, Р – бор, Д – мідь, Е – селен.

Цифри після букв означають середній вміст цих легуючих елементів у відсотках. Відсутність цифри означає, що їх вміст менше як 1,5%. Літера А в кінці означає високоякісну леговану сталь. У швидкорізальних сталях цифра після букви Р вказує середній вміст вольфраму у відсотках. У маркуванні деяких легованих сталей спочатку проставляють букви, що вказують на їх використання, наприклад, Р – швидкорізальна, Ш – шарикопідшипникова, Э – електротехнічна, Е – для постійних магнітів.

Для позначення марок сталі, що переплавляється, застосовують букви, які наводять через тире після індексації хімічного складу. Наприклад, Ш – електрошлакова переплавка, ВД – вакуумно-дугова, ЕЛ – електронно-променева, ПД – плазмено-дугова, ВН – вакуумно-індукційна, ШД – електрошлакова і вакуумно-дугова, ШЛ – електрошлакова і електронно-променева і т.п.

## Матеріалознавство

Леговані конструкційні сталі бувають якісні і високоякісні; за вмістом вуглецю – низько вуглецеві (до 0,3%) і середньо вуглецеві (0,3-0,55%); за вмістом легуючих елементів – низько- і середньолеговані.

Конструкційна низьколегована сталь містить до 3 – 4% легуючих компонентів і не більше як 0,22% вуглецю.

Сталь використовують у вигляді листів, сортового фасонного прокату в будівництві і машинобудуванні, добре зварюється. Марочний сортамент налічує 29 марок (09Г2, 09Г2Д, 12ГС, 09Г2СД, 10Г2СД, 15ГФ, 15ГФД, 15Г2СФД та інші).

Конструкційна середньолегована сталь за хімічним складом і властивостями поділяють на три категорії – якісна, високоякісна (А) і особливо високоякісна (Ш). Марочний сортамент сталі налічує 13 груп (хромиста, марганцевиста, хромокремнемарганцева та інші) і понад 80 марок (30Х3МФ, 12Х2Н4Ф, 38Х2Н2МА, 25ХГНМТ та інші).

Сталь використовують для виготовлення валів, трибів, дисків та інших деталей у машинобудуванні, приборо-, турбо-, моторобудуванні і автотракторобудуванні.

Інструментальні леговані сталі порівняно з інструментальними вуглецевими відрізняються більшою теплостійкістю і прогартованістю, тому можуть використовуватися за високих швидкостей різання і для обробки твердих металів.

Для виготовлення ріжучого інструменту використовують сталі з основним легуючим елементом – хромом (13Х, 9ХС, ХВГ, ХВСГФ), а також молібденом (Х12МФ, 5Х2МНФ) чи ванадієм (9Г2Ф, Х6ВФ, 4ХМНФС).

*Швидкорізальні сталі* – це сталі, що леговані вольфрамом, молібденом, ванадієм і кобальтом, наприклад – Р18, Р6М5, Р6М5Ф3, Р9М4К8 та ін. Цифри після літери Р показують середню масову частку вольфраму в цілих %, а цифри після літер Ф, К, М – масову частку ванадію, кобальту та молібдену в цілих %. У позначенні не вказують вміст хрому та вуглецю.

Для виготовлення штампів, що пластично деформують метал за нормальних температур, застосовують сталі марок Х12Ф, Х6ВФ, 7ХГ2ВМ, 6Х6В3МФС та інші. Вони повинні мати високу твердість, зносостійкість і міцність у поєднанні з достатньою в'язкістю.

Сталі для виготовлення штампів, що деформують метал у гарячому стані, повинні мати високі механічні властивості за підвищених температур, окалиностійкість і здатність не утворювати тріщини при багаторазових нагріваннях і охолодженнях.

## Матеріалознавство

Для виготовлення вимірювальних інструментів зазвичай застосовують сталі марок Х, ХВГ, Х12Ф та інші.

До легованих сталей з особливими властивостями відносять жаростійкі (окалиностійкі), жароміцні, корозійностійкі, магнітні, ресорнопружинні, шарикопідшипникові, зносостійкі та сталі з високим електроопором.

*Жаростійкі* (окалиностійкі) сталі стійкі проти хімічного руйнування поверхні в газових середовищах за температур понад 500°C. В них для отримання захисної оксидної плівки у якості легуючих елементів застосовують хром, нікель, алюміній (15Х5, 15Х28, 15Х25Т, 10Х23Н8 та інші). Жароміцні сталі застосовують для роботи в навантаженому стані при високих температурах протягом певного часу, використовуючи їх здатність опиратися повзучості і руйнуванню. Для виготовлення деталей, що працюють при температурах 400-600°C, використовують сталі марок 15ХМ, 12Х1МФ, 40Х9С2, 15Х11МФ; при 600-750°C – 09Х14Н16Б; при температурах до 1000°C – ХН77ТЮР, ХН55ВМТФКЮ та інші.

*Корозійностійкі (нержавіючі) сталі* стійкі проти електрохімічної корозії за рахунок введення до їх складу елементів, що утворюють захисні плівки, які мають високий електрохімічний потенціал. Вони є хромисті і хромонікелеві, наприклад, 12Х13, 20Х13, 12Х25Т, 12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т та інші.

Нержавіючі хромисті сталі мають вміст хрому 13-27%. Сталі марок 08Х13, 12Х13 мають підвищену пластичність і використовуються для виготовлення апаратів та деталей, що працюють в слабкоагресивних середовищах. Деталі з цих сталей – клапани гідравлічних пресів, арматура, шнеки і вали в апаратах харчових виробництв, що працюють у режимі ударних навантажень.

Зі сталей марок 30Х13 і 40Х13 виробляють хірургічні інструменти, пружини, карбюраторні голки.

Хромонікелеві нержавіючі сталі мають вищу корозійну стійкість і кращі технологічні властивості (зварювання, обробка тиском) у порівнянні з хромистими сталями. У виробничій сфері найчастіше використовують сталь, що містить 18% хрому, 9-13% нікелю і 0,03-0,12% вуглецю. Хромонікелеві нержавіючі сталі дорожчі, оскільки до їх складу входить дефіцитний нікель. У ряді марок його частково замінюють дешевим марганцем. Замінником сталі 10Х18Н9Т є дешева сталь 10Х14Г14Н4Т, де марганцю приблизно 14%. Сталі марок 12Х18Н9, 04Х18Н10, 12Х18Н10Т, 03Х18Н12 широко використовують в харчовій, хімічній і нафтохімічній промисловості.

*Магнітні сталі* випускають магнітно-тверді (для виготовлення постійних магнітів: ЕХ5К5, ЕХ9К15М2), магнітно-м'які (для виготовлення якорів і полюсів

## Матеріалознавство

електротехнічних машин, магнітопроводів, статорів і роторів електродвигунів, силових трансформаторів: Э11, Э12, Э13, Э21, Э22, Э31, Э41, Э48) і парамагнітні (для виготовлення немагнітних деталей, приладів і машин: 17Х, 18Н10, 12Х18Н10Т, 55Г9Н9Х3).

*Ресорно-пружинні сталі* мають високий опір до малих пластичних деформацій і високою межею витривалості при достатній пластичності, стійкі до крихкого руйнування. Найчастіше для виготовлення пружин і ресор використовують леговані сталі марок 50С2, 55С2А, 70С3А, 60С2ХФА, 60С2ВА, 60С2Н2А, 50ХГА, 50ХФА та ін.

*Шарикопідшипникові і роликотпідшипникові сталі* повинні мати високу прокалюваність на велику глибину, твердість, зносостійкість, опір до контактної втомлюваності. Леговані шарикопідшипникові сталі випускають марок ШХ15СГ, 20Х20Н4А, 18ХГТ, ШХ4, 95Х18 та ін.

*Зносостійкі сталі* використовують при виготовленні деталей, що працюють на знос в умовах абразивного тертя, високого тиску і сильних ударів. До них відносять сталі марок 30Х10Г10, 10ХГ13Л і ін.

*Сталі з високим електроопором* застосовують для виготовлення нагрівальних елементів промислових, лабораторних і побутових приладів та печей. Вони мають високий електричний опір, достатню міцність і окалинотійкість, випускають марок Х13ЮЧ, ОХ23Ю5, ОХ27Ю5А та ін.

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

**Завдання 1.** Вивчити хімічний склад сталі. Вивчити вплив компонентів сталі (домішок і добавок) на властивості сталі. Результати оформити у вигляді таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Компоненти хімічного складу сталі

Група	Назва	Вплив компонентів на властивості сталі

**Завдання 2.** Вивчити класифікацію сталі.

**Порядок виконання:**

**2.1** Скласти загальну схему класифікації сталі.

**2.2** Скласти схему класифікації сталі за основними її видами (за хімічним складом). Вказати основні види вуглецевих і легованих сталей, їх назву та маркування.

## Висновки



Матеріалознавство  
Лабораторна робота 5

Контактна корозія з водневою деполяризацією

---

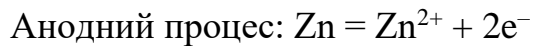
**Мета роботи** – визначення розподілу катодних і анодних ділянок у контактних парах різних металів при їх корозії з водневою деполяризацією у кислих розчинах.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

**Обладнання і матеріали.** Пробірки ємністю 10-25мл; розчин соляної кислоти; 2-3 гранули цинку, мідний дротик.

**Порядок виконання роботи**

У разі електрохімічної корозії металів з водневою деполяризацією окисником виступають  $H^+$ -йони і у катодному процесі продуктом їх відновлення є молекулярний водень. Тому такої корозії зазнають метали, які у ряду напруг розташовані до гідрогену і мають від'ємні електродні потенціали:



У три пробірки наливають розчин 5% соляної кислоти (рис. 5.1).

У **першу** з них вміщують гранулу цинку. Як активний метал, що у ряду напруг розташований до водню і має від'ємне значення стандартного електродного потенціалу  $E_{Zn^{2+}/Zn}^0 = -0,76 \text{ В}$ , цинк активно кородує у кислому розчині і з його поверхні у рідину підіймаються дрібні бульбашки  $H_2$ .

У **другу** пробірку вміщують зачищений мідний дріт. У ряду напруг мідь розташована після водню з позитивним значенням стандартного електродного потенціалу ( $E_{Cu^{2+}/Cu}^0 = 0,34 \text{ В}$ ), тому не зазнає корозійного окиснення  $H^+$  - іонами.

Виділення бульбашок газу не спостерігається.

У **третю** пробірку з кислотою вносять гранулу цинку і торкаються її мідним дротом. Виникає контактна пара, в якій анодний процес перебігає на цинку, а катодний – на мідному дроті. Що спостерігається? Зробіть порівняння ефектів, що спостерігаються у трьох пробірках, і поясніть явище, що відбувається в 3-й пробірці.

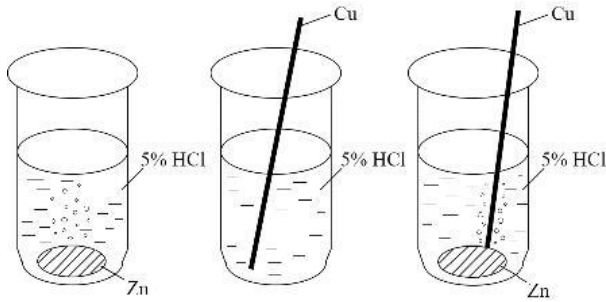


Рисунок 5.1 – Розподіл катодних і анодних ділянок при корозії контактної пари Zn-Cu в 5% HCl.

### Висновки

## Лабораторна робота 6

### Кількісні показники швидкості електрохімічної корозії металів

**Мета роботи:** – визначення термодинамічної можливості електрохімічної корозії металів у розчинах кислот та застосування різних показників для позначення їх швидкості.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

При корозії металу з водневою деполаризацією катодна реакція полягає у відновленні іонів водню ( $H^+$ ), які виступають окисниками по відношенню до металу, що зазнає окиснення (іонізації) у спряженій анодній реакції (рис. 4.1)

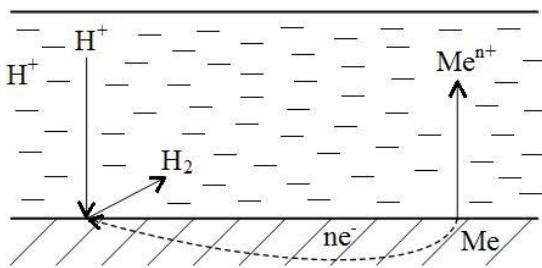
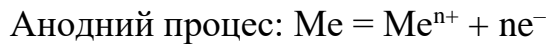


Рисунок 6.1. – Схема корозії металів з водневою деполаризацією



З водневою деполаризацією кородують у розчинах кислот сталеві цистерни, трубопроводи, ємності, метали і металовироби, поверхня яких піддається кислотній обробці (травленню) з метою очищення від іржі та окалини перед нанесенням гальванічних, лакофарбових, полімерних та інших покриттів.

## Матеріалознавство

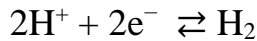
Корозії з водневою деполяризацією звичайно зазнають метали, які в ряду напруг розташовані до водню і характеризуються від'ємними значеннями стандартних електродних потенціалів.

Корозія металів з водневою деполяризацією відбувається тоді, коли виправдовується термодинамічний критерій їх мимовільного перебігу: потенціал водневого електрода у даному середовищі за даних умов є більшим за потенціал металу:

$$E_{H^+/H_2} > E_{Me^{2+}/Me}$$

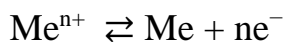
Оборотні потенціали водневого і металічного електродів обчислюють за рівнянням Нернста, яке для цих електродів має вигляд:

- Електродна рівновага і рівняння Нернста для водневого електрода:



$$E_{H^+/H_2} = E_{H^+/H_2}^0 + 2,303 \frac{RT}{nF} \lg \frac{C_{H^+}^2}{P_{H_2}}$$

- Електродна рівновага і рівняння Нернста для металічного електрода:



$$E_{Me^{n+}/Me} = E_{Me^{n+}/Me}^0 + 2,303 \frac{RT}{nF} \lg C_{Me^{n+}}$$

де  $E^0$  – стандартні електродні потенціали (наведені у додатку);  $R$  і  $T$  – відповідно універсальна газова стала ( $8,314 \frac{Дж}{К \cdot моль}$ ) і абсолютна температура,  $K$ ;  $F$  – число Фарадея  $96485 \frac{Кл}{моль-екв.}$ ;  $n$  – число електронів в електродній рівновазі;  $P_{H_2}$  – парціальний тиск водню в атмосфері (атм);  $C$  – молярна концентрація іонів у розчині (для більш коректних обчислень застосовується величина активності іонів у розчині  $a_{H^+}$  і  $a_{Me^{n+}}$ ).

Якщо  $T = 298,15 K$ , то  $2,303 \frac{RT}{F} = 0,0592$ . Тоді для водневого електрода вираз оборотного потенціалу має вигляд:

$$E_{H^+/H_2} = \frac{0,0592}{2} \lg \frac{C_{H^+}^2}{P_{H_2}}$$

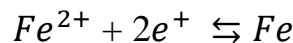
або спрощено (при  $P_{O_2} = 1$  атм.)  $E_{H^+/H_2} = 0,05921 C_{H^+}$ .

## Матеріалознавство

Враховуючи, що  $pH = -\lg C_{H^+}$ , то  $E_{H^+/H_2} = -0,0592pH$

- При  $pH = 0$  ( $C_{H^+} = 1$  моль/л) :  $E_{H^+/H_2}^0 = 0,00$  В.
- При  $pH = 7$  ( $C_{H^+} = 10^{-7}$  моль/л) :  $E_{H^+/H_2}^0 = -0,41$  В.
- При  $pH = 14$  ( $C_{H^+} = 10^{-7}$  моль/л) :  $E_{H^+/H_2}^0 = -0,83$  В.

Якщо припустити, що концентрація іонів  $Fe^{2+}$  у розчині дорівнює  $C_{Fe^{2+}} = 10^{-2}$  моль/л, то потенціал залізного електрода дорівнюватиме:



$$E_{Fe^{2+}/Fe} = E_{Fe^{2+}/Fe}^0 + \frac{0.0592}{2} \lg C_{Fe^{2+}}$$

$$E_{Fe^{2+}/Fe} = -0.44 + 0.02961 \lg 10^{-2} = -0.5 \text{ В}$$

При порівнянні обчисленого потенціалу залізного електрода ( $C_{Fe^{2+}} = 10^{-2}$  моль/л) з потенціалами водневого електрода за різних молярних концентрацій іонів гідрогену ( $H^+$ ) та pH розчинів можна дійти до висновку, що корозія заліза з водневою деполяризацією термодинамічно можлива у широкому діапазоні  $C_{H^+}$  і pH.

Здатність металів протистояти корозійному впливу зовнішнього середовища називають корозійною стійкістю. Корозійна стійкість характеризується швидкістю, яка визначається показниками корозії.

До найважливіших кількісних показників корозії металів належить:

- **Масометричний показник** – це зміна маси зразка металу ( $\Delta m$ , г) внаслідок корозії за одиницю часу ( $\tau$ , годин) на одиниці поверхні ( $S$ ,  $m^2$ ). При зменшенні маси зразка його обчислюють із співвідношення:

$$K_m = \frac{m_0 - m}{S \cdot \tau}; \frac{\text{г}}{m^2 \cdot \text{год}}$$

Експериментально визначена величина масометричного показника дозволяє разі рівномірної корозії обчислити інші важливі показники – глибинний, об'ємний і струмовий.

- **Глибинний показник** – це глибина проникнення корозії ( $h$ , мм) у метал за одиницю часу ( $\tau$ , рік):

$$K_h = \frac{h}{\tau}, \text{ мм/рік}$$

## Матеріалознавство

Зв'язок між  $K_h$  і  $K_m$  можна отримати на підставі наступних міркувань (рис. 6.2).

Позначимо через  $h$  глибину проникнення корозії, а площу поверхні – через  $(S)$ . Тоді зменшення маси зразка буде:

$$\Delta m = S \cdot h \cdot \rho;$$

де  $\rho$  – густина металу  $\text{г/см}^3$ , а глибина проникнення корозії стане  $h = \frac{\Delta m}{S \cdot \rho}$ .

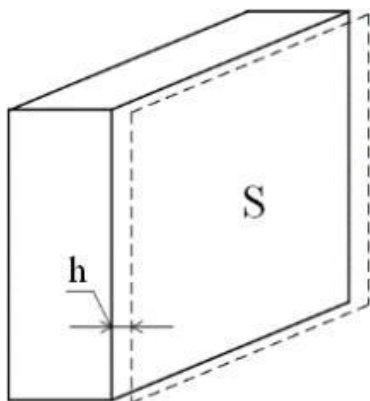


Рисунок 6.2 – Схема корозії металу для визначення глибинного показника

Останнє підставимо у вираз для глибинного показника:

$$K_h = \frac{\Delta m}{S \cdot \tau \cdot \rho};$$

Для того, щоб застосовувати  $K_m$  в  $\frac{\text{г}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$  і  $\rho$  в  $\text{г/см}^3$  та отримувати  $K_h$  в  $\text{мм/рік}$  необхідно застосувати відповідні множники:

$$K_h = K_m \left( \frac{\text{г}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} \right) \cdot \frac{(\text{Число годин у році})}{\rho \left( \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right) \cdot 1000}, \frac{\text{мм}}{\text{рік}}$$

За значенням глибинного показника корозії створена 10-ти бальна шкала корозійної стійкості металів, яка дозволяє охарактеризувати корозію групою і балом стійкості (табл. 6.1). Вона застосовується на практиці при підборі металів в практичних та конструкторських роботах. Наприклад, треба визначити, який припуск необхідно взяти для труби, яка має 5 бал корозійної стійкості у середовищі експлуатації, для забезпечення її роботи протягом 15 років. Оскільки при цьому  $K_h = 0,05 - 0,1$   $\text{мм/рік}$ , то товщину припуску слід взяти у межах 0,75-1,5  $\text{мм}$ .

Десятибальна шкала корозійної стійкості металів

Група стійкості	Глибинний показник корозії, $K_h$ , мм/рік	Бал стійкості
I Цілковито стійкі метали	Менш 0,001	1
II Дуже стійкі метали	0,001– 0,005	2
	0,005 – 0,01	3
III Стійкі метали	0,01 – 0,05	4
	0,05 – 0,1	5
IV Відносно стійкі метали	0,1 – 0,5	6
	0,5 – 1,0	7
V Малостійкі метали	1,0 – 5,0	8
	5,0 – 10,0	9
VI Нестійкі метали	Більше 10,0	10

У хімічній промисловості звичайно застосовують метали, які належать до I і II груп, рідше III – IV.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### Обладнання і матеріали

Пластинки сталі розміром приблизно 5x2 см. Дрібний наждачний папір. Дистильована вода для ополіскування зачищеної поверхні металу (з обох сторін). М'яка гумка. Фільтрувальний папір, сушильна шафа, для висушування зразків. Сульфатна кислота 7,5% -ної концентрації. Аналітичні або електричні терези (точність зважування до четвертого знаку після коми).

### Порядок виконання роботи

Для досліджуваного металу (*Fe*, *Al*, *Zn*) у 7,5 %- ній сульфатній кислоті визначають термодинамічну можливість перебігу корозії з водневою деполаризацією. Застосовують наведений раніше критерій

$$E_{H^+/H_2} > E_{Me^{n+}/Me}$$

для якого обчислюють за рівнянням Нернста величини рівноважних потенціалів водневого і металічного електродів для конкретних металу і концентрації

## Матеріалознавство

сульфатної кислоти. При обчисленні  $E_{Me^{n+}/Me}$  приймають концентрацію іонів металу у розчині  $C_{Me^{n+}} = 10^{-3}$  моль/л, а водневого  $E_{H^+/H_2}$  – виходячи із зазначеної концентрації сульфатної кислоти (7,5%  $H_2SO_4$ ) (парціальний тиск водню у повітрі  $P_{H_2}$  приблизно прийняти 1 атм).

Пластину металу (*Fe, Al, Zn*) з виміряною загальною площею поверхні зачищають дрібним наждачним папером, промивають у струмені водопровідної води з одночасним потиранням м'якою гумкою, ополіскують дистильованою водою, промокають фільтрувальним папером і висушують у сушильній шафі.

Охолоджений до кімнатної температури зразок зважують на аналітичних терезах ( $m_0$ ) і розташовують на каркасі у ємності з 7,5% розчином сульфатної кислоти.

Після випробування протягом 1-1,5 години зразок виймають з розчину кислоти, промивають у струмені водопровідної води з потиранням поверхні м'якою гумкою, ополіскують дистильованою водою, промокають фільтрувальним папером і висушують у сушильній шафі.

Охолоджений зразок металу зважують на аналітичних терезах ( $m$ ) і визначають зменшення його маси внаслідок корозії ( $\Delta m = m_0 - m$ ).

Обчислюють масометричний показник кислотної корозії металу –  $K_m$ , г/(м<sup>2</sup> · год) і на його основі – глибинний показник ( $K_h$ ).

Далі визначають групу і бал стійкості металу за 10 - ти бальній шкалі.

## Висновки

### Лабораторна робота 7

#### Захист металів від корозії інгібіторами

---

**Мета роботи** – ознайомлення з основними методами захисту металів від корозійного руйнування. Застосування масометричного методу для визначення ефективності дії інгібіторів при кислотній корозії металів .

## ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Корозію металів та її наслідків можна зменшити на стадії проектування металовиробів. Треба запобігати будь-якої неоднорідності конструкцій. Необхідно підбирати метали і сплави близькі за своїми електрохімічними характеристиками у середовищах їх використання. Слід запобігати різких поворотів, гострих кутів, застійних зон, щілин тощо, які можуть створювати

## Матеріалознавство

умови для виникнення кавітаційної корозії, термокорозії, елементів диференціальної аерації тощо.

Методи захисту металів від корозії при їх експлуатації можна поділити на три групи.

### 1. Методи, пов'язані зі зміною властивостей металів з метою підвищення їх корозійної стійкості.

Легування металів. Полягає у введенні в основний метал інших металів, здатних створювати поверхневі пасивні оксидні плівки. На цьому базується виробництво нержавіючих сталей, наприклад ХІ8Н9, що містить у залізі 17-19% хрому і 8-10% нікелю.

Зміна поверхневих властивостей металів. Досягається нанесенням ізолюючих покриттів (металічних і неметалічних). Металічні покриття розрізняють на катодні і анодні. До катодних належать покриття, при частковому руйнуванні яких на них локалізується катодний процес контактної корозії (*Cu, Ni, Cr i Ag*) (рис. 7.1).

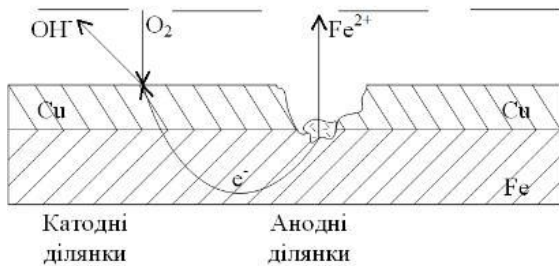


Рисунок 7.1– Схема розподілу катодних і анодних процесів при частковому руйнуванні катодного покриття

Тому дія катодних покриттів полягає тільки у механічному екрануванні основного металу. При їх руйнуванні виникають контактні пари і корозія основного металу прискорюється.

До анодних покриттів належать метали, які є більш активними, ніж основний метал (*Zn, Cd* на сталях) (рис. 7.2 ).

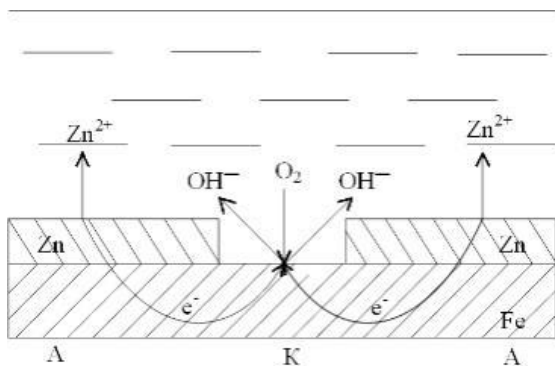
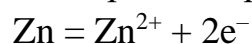


Рисунок 7.2 – Схема розподілу катодних і анодних процесів при частковому руйнуванні анодного покриття

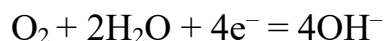
Анодний процес корозії:



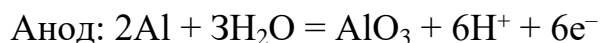


## Матеріалознавство

Катодний процес корозії:



Створення на поверхні металів та за його участю захисних пасивуючих плівок. Наприклад, хімічне оксидування сталі неорганічними окисниками. На поверхні сталі виникає оксидний шар гідратованих  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Оксидні плівки можна формувати також електрохімічним окисненням (наприклад, анодування алюмінію):



Захист металів неметалічними ізолюючими покриттями (мінеральні мастила, вазелін парафін, лакофарбові покриття, гумування, футерування, емалювання).

## 2. Електричні методи захисту металів від електрохімічної корозії

Їх зміст полягає у зміні електрохімічних властивостей металів під дією поляризуючого струму.

Поширення набув катодний захист металів, який полягає у накладанні на них катодної поляризації від зовнішнього джерела постійного струму (рис. 5.3).

При зміщенні потенціалу металу у бік електронегативних значень швидкість анодної реакції корозійної іонізації металу зменшується:

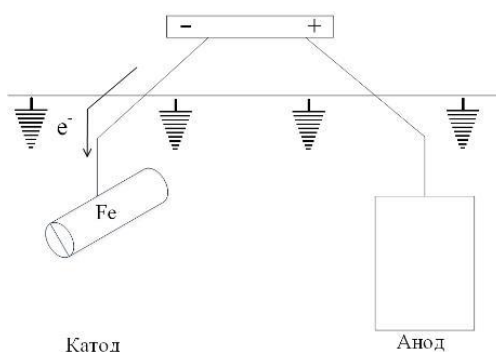
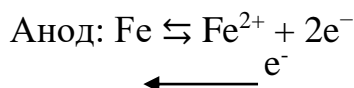


Рисунок 7.3 – Схема катодного захисту сталі

Катодна поляризація металу, що піддається захисту, може бути досягнутою також шляхом створення гальванічної пари з більш активним металом (цинком, алюмінієм, магнієм та їх сплавами), які відіграють роль анодів (жертвенних анодів) і розчиняються, створюючи в системі електричний

## Матеріалознавство

струм необхідної сили. Такий метод отримав назву протекторного захисту (рис. 7.4).

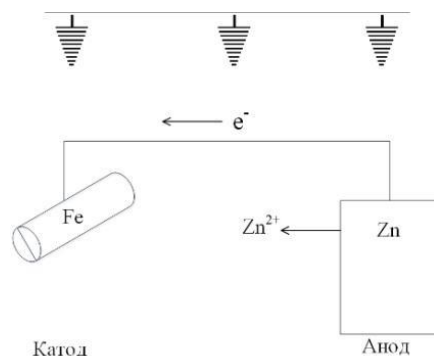
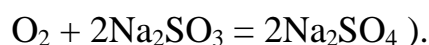


Рисунок 7.4 – Схема протекторного захисту сталі

Захист металів катодною поляризацією застосовується по відношенню до підземних комунікацій, морських суден, хімічного обладнання.

### **3. Методи пов'язані зі зміною властивостей корозійного середовища**

Зменшення вмісту у середовищі агресивних компонентів (деаерація розчинів газами, приведення рН до нейтрального, вилучення кисню відновниками:



Застосування інгібіторів корозії – спеціально підібраних речовин, які вводять, малій кількості у корозійне середовище, в пакувальні засоби та захисні покриття (мастила, лаки, фарби, полімери тощо) і знижують швидкість корозійного руйнування металів. Їх захисна дія пов'язана зі зміною у стані поверхні металу та кінетиці реакцій, які лежать в основі корозійного процесу.

Для нейтральних водно-сольових розчинів найчастіше застосовують неорганічні речовини аніонного типу. Їх гальмуюча дія пов'язана з окисненням поверхні металу (нітрити  $NO_2^-$ , хромати  $CrO_4^{2-}$ ) з утворенням оксидних захисних плівок, або з утворенням за участю продуктів корозії важкорозчинних сполук (фосфатів, гідрофосфатів, силікатів тощо).

Як інгібітори корозії металів у кислих розчинах застосовуються переважно органічні речовини (ПАР), які містять функціональні групи з атомами нітрогену, сірки, кисню (аміни, іміни, амідні кислот, карбовані кислоти тощо). Дія інгібіторів кислотної корозії обумовлена їх адсорбцією на поверхні металу та гальмуванням адсорбованими молекулами або іонами катодного і анодного процесів, що знижує загальну швидкість корозії.

## Матеріалознавство

Інгібітори належать до ефективних, економічно доцільних та універсальних методів захисту металів від корозії. Їх застосовують практично в усіх галузях промисловості для захисту металів у водно-сольових розчинах (прісна та морська вода, оборотні води, антифризи тощо), в атмосферних умовах, в гетерогенних системах вуглеводні – вода (добування, транспортування та зберігання у нафтогазовій промисловості), у розчинах кислот при їх транспортуванні і зберіганні, при травленні металів з метою очищення кислотами їх поверхонь від іржі та окалини перед нанесенням гальванічних, лакофарбових, полімерних та інших покриттів.

Ефективність інгібіторів оцінюється за допомогою коефіцієнта гальмування, який показує у скільки разів зменшується швидкість корозії внаслідок застосування інгібітора:

$$\gamma = \frac{K_m}{K_m(\text{інг.})},$$

де  $K_m$  і  $K_m(\text{інг.})$  – відповідно показники корозії металу у середовищі без інгібіторів і у їх присутності, або ступенем захисту  $Z$ , який показує на скільки знижується швидкість корозії:

$$Z = \frac{K_m - K_m(\text{інг.})}{K_m}; \quad Z = 1 - \frac{1}{\gamma}$$

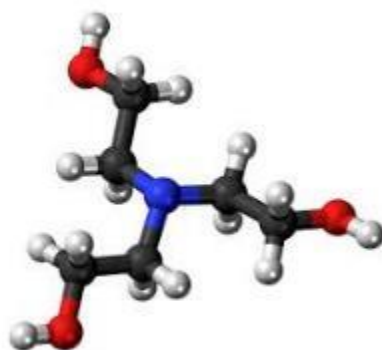
чи в процентах:

$$Z = \frac{K_m - K_m(\text{інг.})}{K_m} \cdot 100\%; \quad Z = 1 - \frac{1}{\gamma} \cdot 100\%$$

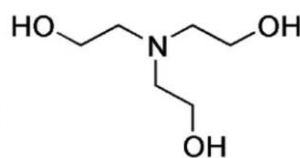
### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

#### Обладнання і матеріали

Використовують обладнання і матеріали як у попередній лабораторній роботі № 6. Інгібітором слугує триетаноламін, який належить до органічних амінів з катіоноактивною функцією:



Trietanolamin (TEA)



TEA (trietanolamin)

#### Порядок виконання роботи

## Матеріалознавство

У розчин 7,5% сульфатної кислоти додають наважку інгібітора триетаноламіну із розрахунку 3 мл/л. Досліди по визначенню швидкості корозії металів (пластини *Fe*, *Al*, *Zn*) виконують за методикою наведеною у попередній лабораторній роботі № 6, і роблять порівняння швидкості корозії зазначених металів з результатами роботи № 5 отриманими у чистих розчинах 7,5% сульфатної кислоти.

На підставі результатів зважування пластинок металів до і після корозійного випробування протягом 1-1,5 год, обчислюють відповідні масометричні показники швидкості корозії металів в інгібованих кислотах  $K_m$  (інг.).

На основі масометричних показників обчислюють глибинні показники корозії ( $K_b$  (інг.)) та визначають групу стійкості і бал стійкості металів в інгібованій кислоті по десяти бальній шкалі (табл. 6.1).

Далі знаходять коефіцієнти гальмування ( $\gamma$ ) і ступінь захисту ( $Z$ ), які досягаються за рахунок застосування інгібітора і пояснюють механізм його дії.

## Висновки

### Лабораторна робота № 8

### Корозія і захист конструкційних та електрохімічних матеріалів

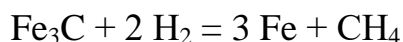
---

**8.1 Мета роботи:** Вивчити основні види корозії, засоби контролю за процесом корозії і боротьби з нею.

#### 8.2 Короткі теоретичні відомості

Корозія металів – це самодовільний процес руйнування металів під дією навколишнього середовища. Рушійна сила корозії – термодинамічна нестійкість металів і їх прагнення до більш термодинамічно стійкого окисленого стану. За механізмом розрізняють два основні види корозії – хімічну і електрохімічну.

Хімічна корозія – це руйнування металу у середовищі неелектролітів, сухих газів. Опір металу хімічній корозії характеризується жаростійкістю (стійкість до окислення за високих температур) і жароміцністю (збереження міцності металів за високих температур). Наприклад, надзвичайно небезпечний вид руйнування – воднева корозія:

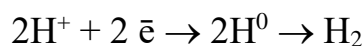


## Матеріалознавство

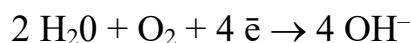
Руйнування відбувається внаслідок втрати вуглецю і розвитку високого тиску метану та водню, оклюдованих металом. Для захисту сталі від водневої корозії метал легують хромом, титаном, ванадієм, а також іншими металами, які утворюють більш стійкі до водню карбіди, ніж цементит  $Fe_3C$ .

Електрохімічна корозія протікає у розчинах електролітів. При цьому у системі виникає електричний струм. Електрохімічна корозія – сукупність двох процесів: катодного і анодного, які відбуваються відокремлено у просторі. Розрізняють два основні види електрохімічної корозії – з водневою і кисневою деполяризацією (катодні процеси).

У кислих розчинах ( $pH < 7$ ) переважає корозія з водневою деполяризацією: до катодних ділянок з негативним зарядом (що мають надлишок електронів) підходять іони водню, розряджаються і перетворюються у атоми водню, які виділяються у вигляді бульбашок газу. Цей процес можна зобразити схематично:



Коли процес руйнування металу проходить у присутності кисню, тоді спостерігається корозія з кисневою деполяризацією ( $pH \sim 7$ ):



На анодних ділянках у розчин переходять іони металу, тобто метал розчиняється, а звільнені електрони переходять до катодних ділянок. Схематично анодний процес має вигляд:



Корозія залежить від зовнішніх факторів (температура, тис, випромінювання, вологість, склад електроліту, його агресивність та ін.) і внутрішніх факторів (хімічний склад металу, хімічна природа неметалічних включень і карбідів, будова, стан поверхні і ін.).

Особливу небезпеку становить корозійне-механічні руйнування: воднева крихкість, корозійна втома, боротьба з якими є важливою проблемою, що має велике техніко-економічне значення. Тому важливо знати вплив різних факторів на процес корозії металів, засвоїти методику кількісної оцінки корозії, ознайомитися з методами захисту металів від корозії.

Методами визначення швидкості корозії є:

а/ гравіметричний (ваговий) – за втратимо маси

$$K_m = \frac{\Delta m}{S\tau}, \text{ г}/(\text{см}^2 \cdot \text{год})$$

б/ волюмометричний (об'ємний) – за об'ємом виділеного або поглиненого водню

## Матеріалознавство

$$K_{H_2} = \frac{\Delta V}{S\tau}, \text{ см}^3/(\text{см}^2 \cdot \text{год})$$

в/ електрохімічний (потенціостат П 5827 М, 5828 ),

де  $\Delta m$  – втрата маси досліджуваного зразка, г ;

$\Delta V$  – об'єм виділеного або поглиненого водню,  $\text{см}^3$ ;

$S$  – площа досліджуваного зразка,  $\text{см}^2$ ;

$\tau$  – час проведення досліду, год.

З технічної точки зору можна виділити наступні способи захисту від корозії:

- раціональний вибір конструкційного матеріалу (металу , придатного для даного середовища, наприклад, сталі з певним хімічним складом і типом неметалічних домішок);

- вплив на корозійне середовище шляхом усунення або подавлення дії стимуляторів корозії, додавання інгібіторів;

- застосування електрохімічного захисту – катодного чи анодного (для металів, що пасивуються), протекторного, електрохімічного дренажу для захисту від блукаючого струму;

- вибір захисного покриття або використання комбінованих способів захисту.

### 8.3 Експериментальна частина

#### 8.3.1 Хід роботи

Корозія при контакті різних металів

а) У вигнуту під прямим кутом скляну трубку, закріплену у штативі, налити розчин  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $C_n = 0,01$ ) і з протилежних боків вставити цинкову та мідну пластинки або дріт таким чином, щоб вони не торкалися одна одної. На якому металі виділяються бульбашки водню? Що спостерігається при зіткненні пластинок? Скласти схему утвореної гальванопари. Пояснити явище, що спостерігається.

б) У дві пробірки налити 2...3  $\text{см}^3$  розчину сульфатної кислоти ( $C_n = 2,0$ ). Опустити у них однакові (0,5...1,0 г) шматочки хімічно чистого цинку. Водень при цьому виділяється повільно. В одну з пробірок додати 3-4 краплі розчину  $\text{CuSO}_4$ . Чому змінюється швидкість виділення водню? Які процеси протікають при цьому?

Електрохімічна корозія заліза і захист від неї

в) У пробірку налити 5  $\text{см}^3$  води, 2-3 краплі розчину  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  і стільки ж розчину  $\text{FeSO}_4$ . Утворюється синій осад турнбулевої блакиті  $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . Він свідчить про наявність у розчині катіонів  $\text{Fe}^{2+}$ .

## Матеріалознавство

г) У дві пробірки налити до половини об'єму дистильовану воду, додати 3 краплі сульфатної кислоти з  $C_n = 2,0$  і стільки ж розчину  $K_3[Fe(CN)_6]$ . Перемішати розчин скляною паличкою. Два тонкі залізні дротики очистити наждачним папером. Одним із дротиків щільно обмотати шматочок цинку, а другим – шматочок олова. Кожний метал занурити в окрему пробірку з кислотою. Що спостерігається через декілька хвилин у одній із пробірок? Який метал вступає в реакцію? Чим це пояснити? На підставі цього досліду пояснити, чому оцинковане залізо більш стійке проти корозії, ніж луджене.

### Вивчення інгібіторного захисту сталі волюмометричним і гравіметричним методами

д) Зачистити циліндричні зразки сталі шліфувальним папером. Знежирити у ацетоні, виміряти площу зразка, зважити на аналітичних терезах.

Зважені зразки помістити в евдіометр з розчинами кислот ( $HCl$  чи  $H_2SO_4$ ) без інгібітору і з інгібітором (рис. 8.1). Концентрацію кислот і інгібітора доберіть за вказівкою викладача.

Протягом години спостерігати кількісно виділення водню внаслідок катодної поляризації (відмітку робити через кожні 10-15 хвилин).

Вийняти зразки з розчину, обмити дистильованою водою, просушити фільтрувальним папером, очистити гумкою від продуктів корозії і зважити їх.

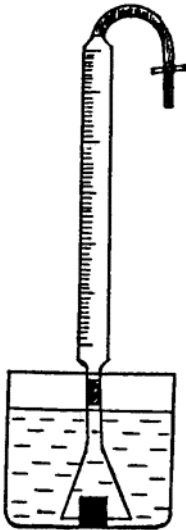


Рисунок 8.1 – Схема евдіометра

За втратою маси і об'ємом водню, що виділився, обчислити швидкість корозії і коефіцієнти гальмування швидкості корозії при наявності інгібіторів. Зробити висновки про ефективність досліджених інгібіторів.

### Дослідження інгібіторного захисту сталі електрохімічним методом

е) Зняти анодні і катодні поляризаційні криві (на потенціостаті П 5828) залежності  $I_g$  і  $i$  ( $A/m^2$ ) від потенціалу  $E$  (В) за нормальним водневим електродом (рис. 8.2)

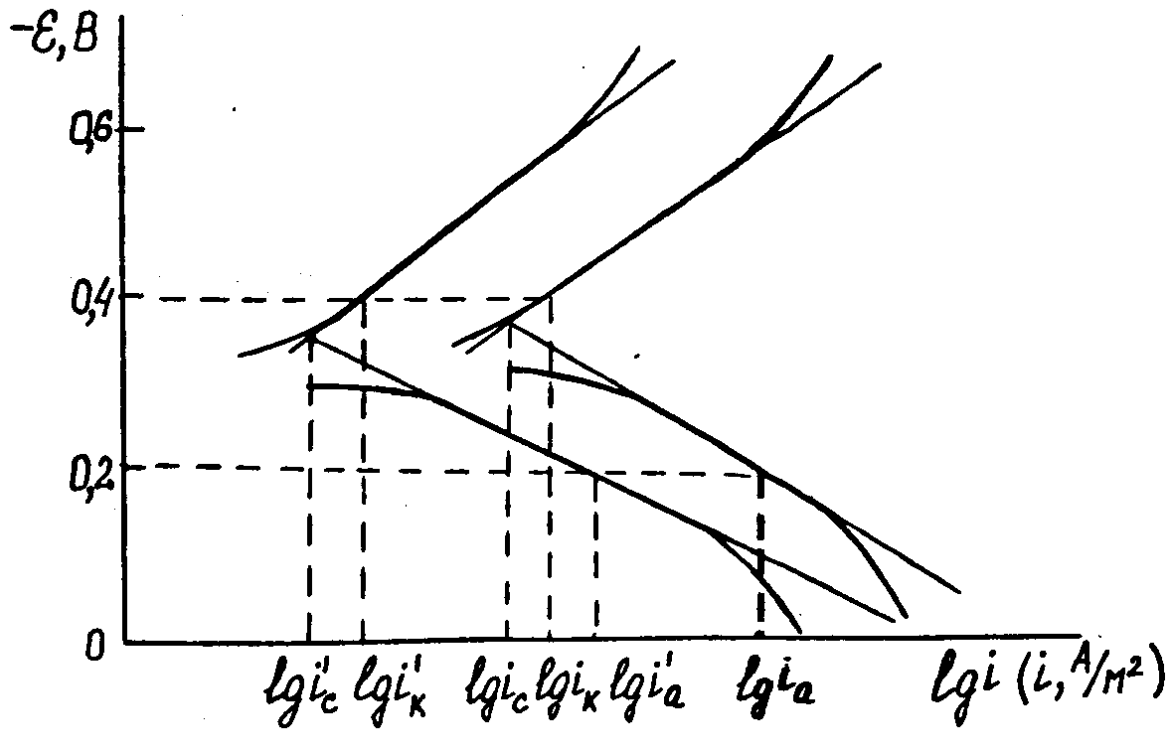


Рисунок 8.2 – Схема для визначення коефіцієнтів гальмування електрохімічної корозії

ж) Обробити результати дослідів.

### 15.3.2 Обробка результатів

а) Оформити результати дослідів за п.8.3.1, а-г .

б) Розрахувати швидкість корозії сталі за волюмометричним і гравіметричним методами, виходячи з рівнянь 8.1 і 8.2.

в) Розрахувати коефіцієнти гальмування швидкості корозії (п. 8.3.1, д) при наявності інгібіторів за рівняннями:

$$\gamma_m = \frac{K_m}{K'_m}; \quad \gamma_V = \frac{K_{H_2}}{K'_{H_2}}$$

де  $K_m$  ,  $K_H$  – швидкість корозії, визначена відповідно гравіметричним і волюмометричним методами у кислотах без інгібітора;

$K'_m$  ,  $K'_H$  – відповідна швидкість корозії з інгібітором.

г) Обробити результати вимірювань на потенціостаті. Для цього за схемою (рис. 8.2) знайти  $i_c$  та  $i'_c$  – швидкість електрохімічної корозії у середовищі без інгібітору та з інгібітором відповідно. При  $E = - 0,4$  В знайти  $i_k$  та  $i'_k$  – швидкості



## Матеріалознавство

катодної реакції у середовищі без інгібітору і з інгібітором.

При  $E = -0,2$  В визначити швидкість анодної реакції відповідно  $i_a$  та  $i'_a$ .

Обчислити коефіцієнти гальмування електрохімічної корозії, катодної та анодної реакції, відповідно:

$$\gamma_c = \frac{i_c}{i'_c} \quad \gamma_K = \frac{i_K}{i'_K} \quad \gamma_a = \frac{i_a}{i'_a}$$

Зробити висновок про ефективність інгібування електрохімічної корозії.

### Висновки

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

### ПРОДУКЦІЯ КОЛЬОРОВОЇ МЕТАЛУРГІЇ. КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ І СПЛАВИ НА ЇХ ОСНОВІ

---

**Мета:** *Вивчити властивості, асортимент, маркування та призначення кольорових металів та їх сплавів.*

**Матеріали та обладнання:** *Зразки кольорових металів та їх сплавів, зразки виробів з кольорових металів, нормативна документація.*

**Питання для підготовки з теми та контролю знань студентів:**

- Класифікація кольорових металів.
- Характеристика алюмінію та сплавів на його основі.
- Характеристика магнію і титану та їх сплавів.
- Характеристика важких металів: міді, цинку, нікелю і сплавів на їх основі.
- Характеристика коштовних металів.

### ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

#### Класифікація і загальна характеристика кольорових металів

Кольорові метали є важливим конструкційним матеріалом. Вони мають високі експлуатаційні властивості: жаростійкість, тугоплавкість, високу

## Матеріалознавство

електропровідність, пластичність, корозійну стійкість, твердість, можливість створювати велику кількість сплавів.

Кольорові метали та їх сплави використовують у машинобудуванні, електротехніці, приладобудуванні, радіотехніці, електроніці, хімічній промисловості, будівництві, побуті, атомній та ракетній техніці.

Асортимент кольорових металів та їх сплавів дуже різноманітний. В основному їх використовують у вигляді напівфабрикатів (листів, стрічок, труб, профілів, проволочок) або відливок та поковок.

Металургія кольорових металів характеризується широким переліком технологічних процесів та великою кількістю (більше 70 найменувань) металів, що виплавляються.

Кольорові метали класифікують за такими ознаками:

- густина ( $\text{кг/м}^3$ ):
  - легкі (менше 4500) – алюміній, магній, титан та ін.,
  - важкі (більше 4500) – свинець, мідь, олово, цинк, нікель і ін.,
- температура плавлення ( $^{\circ}\text{C}$ ):
  - легкоплавкі (менше 1539) - свинець, олово, цинк, алюміній і ін.,
  - тугоплавкі (понад 1539) – вольфрам, молібден, титан, ніобій та ін.,
- ступінь окиснення:
  - благородні – золото, срібло, платина і платиноїди,
  - звичайні,
- ступінь розповсюдження у земній корі:
  - поширені – алюміній, титан, магній, мідь та ін.,
  - рідкісні – літій, рубідій, галій, тантал, ніобій, лантан, церій та ін.,
- ступінь чистоти (наявність домішок, %):
  - зниженої чистоти ( $1\div 5$ ), середньої або технічної чистоти ( $0,1\div 1$ ),
  - підвищеної ( $0,01-0,1$ ), високої ( $0,001\div 0,01$ ),
  - особливої чистоти ( $0,0001\div 0,001$ ), надчисті (менше 0,0001),
- витрати на видобування:
  - звичайні;
  - дорогоцінні (коштовні).

### **Характеристика легких, важких, тугоплавких і дорогоцінних металів та сплавів на їх основі**

#### Легкі метали

До легких металів відносять метали, густина яких менше ніж  $4500 \text{ кг/м}^3$ . До легких металів, що найбільш широко використовуються, відносять алюміній, магній і титан.

## Матеріалознавство

Алюміній – срібно-білий метал, вкритий плівкою оксиду. Густина – 2700 кг/м<sup>3</sup>, температура плавлення 660°C. Основні властивості алюмінію – пластичність, легкість, морозостійкість, висока електро- і теплопровідність, хімічна стійкість проти дії органічних кислот, легка обробка прокаткою, ковкою та волочінням.

Технічний алюміній випускають відливками масою від 5 до 1000 кг. В залежності від хімічної чистоти алюміній поділяють на марки:

- особливої чистоти – А999 (домішки не більше 0,001%);
- високої чистоти – А995, А99, А97, А95 (домішки 0,005-0,05%);
- технічної чистоти – А85, А8, А7, А6, А5, А0, АЕ (домішки 0,15-1,0%).

Алюміній особливої чистоти використовують у напівпровідниковій і ядерній техніці; високої чистоти – для виготовлення електричних конденсаторів, різної апаратури; технічної чистоти – для кабелів, посуду, прокату, алюмінієвого порошку, сплавів, упаковки.

Як конструкційний матеріал алюміній в основному використовують у вигляді сплавів, це пояснюється його невисокими механічними властивостями, важкою обробкою різанням, значною лінійною усадкою. Компонентами алюмінієвих сплавів є марганець, мідь, кремній, магній, цинк.

Алюмінієві сплави поділяють на ті, що *деформуються, ливарні та підшипникові*.

*Алюмінієві сплави, що деформуються* мають високу пластичність, добре зварюються, стійкі до корозії. В залежності від здатності зміцнюватися при термічній обробці, їх поділяють на ті, що зміцнюються та не зміцнюються.

До сплавів, які не зміцнюються при термообробці, відносять технічний алюміній (марки АД0 та АД1), сплави алюмінію з магнієм та марганцем (АМг2, АМг3, АМг5, АМг6, АМц). Їх застосовують для конструкцій, які працюють за невеликих навантажень.

До сплавів, які термообробка зміцнює, відносять *дюралюміні, авіали, високоміцні, ковані та жароміцні*.

*Дюралюміні* – сплави алюмінію з міддю (2,5 ÷ 5%), магнієм (0,4 ÷ 1,8%), марганцем (0,4 ÷ 0,9%). Їх випускають марок Д1, Д16п, Д18п, Д16, Д18, В65 і використовують для виготовлення деталей середньої і підвищеної міцності, які піддаються змінним навантаженням (деталі літаків, автомобілів, будівельні конструкції та ін.).

*Авіали* – сплави алюмінію з магнієм та кремнієм, випускають марок АВ, АД31, АД33, АД35 і застосовують для виготовлення деталей середньої міцності,

## Матеріалознавство

які працюють у межах пружних деформацій (лопатей, гвинтів, деталей двигунів та ін.).

*Високоміцні* – це сплави, які складаються з алюмінію, цинку, магнію, міді, марганцю і хрому. Їх випускають марок В92, В93, В95, ВА96, ВАД23. Головний недолік – знижена корозійна стійкість.

*Ковочні сплави* мають високу пластичність у межах температур 380÷450°C. Сплави використовують для виготовлення деталей складної форми середньої міцності з незначною корозійною стійкістю, наприклад, марки АК6, АК8.

*Жароміцні сплави* використовують для виготовлення деталей, які працюють за температур до 300°C (деталі двигунів, обшивка літаків та ін.). Марки АК2, АК4, АК4-1, Д20 та Д21.

*Ливарні алюмінієві сплави* мають високу рідкотекучість, невелику усадку, гарні механічні властивості та стійкість до корозії завдяки великій кількості легуючих елементів.

В залежності від основних компонентів ливарні алюмінієві сплави налічують 5 груп: сплави на основі алюмінію та магнію (АЛ8, АЛ13 та ін.), алюмінію та кремнію (АЛ2, АЛ4, АЛ4В та ін.), алюмінію та міді (АЛ7, АЛ7В та ін.), алюмінію, кремнію та міді (АЛ3, АЛ5, АЛ10 та ін.) та багатокомпонентні (Л1, АЛ16В, АЛ30 та ін.). Найбільш розповсюдженими ливарними алюмінієвими сплавами є силуміни (сплави на основі алюмінію та кремнію).

*Підшипникові* ливарні алюмінієві сплави випускають марок: АО3-1, АО9-2, АО20-1 та ін.

В маркуванні алюмінієвих сплавів **літерами** позначають компоненти (А – алюміній, К – кремній, Мц – марганець, Мг – магній), призначення (Д – деформовані, Л – ливарні), або властивості (В – високоміцні, М – м'які відпалені, П – напівнагартвані, Н – нагартвані). Літерою Д позначають дюралюміні. **Цифри** позначають порядковий номер сплаву. У високоміцних сплавах на першому місці проставляють цифра 9.

**Магній** – сріблясто-білий, вкритий оксидною плівкою, метал густиною 1740 кг/м<sup>3</sup>, з температурою плавлення 651°C. Порошкоподібний магній або стрічка легко займаються від сірника і горить білим полум'ям. Знаходить застосування в якості компоненту надлегких та жаростійких сплавів, високоякісного чавуну, в хімічній промисловості та піротехніці.

Магній добре оброблюється різанням, але має низьку корозійну стійкість та невисокі ливарні і пружні властивості. Магній випускають марок Мг90, Мг95, Мг96 (масова частка домішок від 0,1 до 0,04% ).

## Матеріалознавство

Для покращення механічних властивостей магній легують алюмінієм, цинком, марганцем, цирконієм.

Магнієві сплави випускають ливарні (МЛ5, МЛ6, МЛ10, МЛ12, та ін.) та деформовані (МА1, МА2, МА14). Цифрами позначають порядковий номер сплаву в залежності від хімічного складу.

Магнієві сплави достатньо технологічні при обробці різанням та зварюванні. Мають високу питому міцність, використовують у літакобудуванні, електротехніці, радіотехніці, машинобудуванні. Відрізняють сплави з підвищеною здатністю поглинати вібрації та високою теплоємністю.

Для захисту від корозії сплави піддають оксидуванню та нанесенню лакофарбових покриттів.

Титан – метал сріблястого кольору з блакитним відтінком, густиною 4505 кг/м<sup>3</sup>, температурою плавлення 1668°C (рис. 9.1). Має високу міцність, корозійну стійкість, малу тепло- та електропровідність, не намагнічується. Механічні властивості знижуються за температури більше 400°C; за температури 540°C він становиться ламким.



Рисунок 9.1 – Стрижень титанових кристалів високої чистоти (99,995 % Ti)

Технічний титан випускають марок ВТ1-00 (99,53% *Ti*), ВТ1-0 (99,48% *Ti*), ВТ1-1 (99,44% *Ti*). Чим менше домішок, тим нижча міцність, але більша пластичність. Технічний титан добре піддається обробці тиском, зварюванню, але погано оброблюється різанням.

Для збільшення механічних властивостей титан легують алюмінієм, хромом, молібденом, ванадієм, марганцем, оловом. Сплави за міцністю

## Матеріалознавство

поділяють на сплави з підвищеною пластичністю, невисокої і середньої міцності та високоміцні, а за призначенням – на ливарні та деформовані.

Марки сплавів титану: VT5, VT6С, VT3-Т, VT22, OT4, OT4-1, VT14Л та ін., де VT – позначає високоякісний титановий сплав, **цифри** – порядковий номер. Сплави містять алюмінію до 7%, олова, хрому, марганцю, кремнію, молібдену (0,5÷5%).

Титанові сплави використовують у якості корозійностійких, холодостійких та жаростійких матеріалів у межах 300÷600°C. Застосовують у хімічному машинобудуванні (колони, башти, адсорбери, фільтри, насоси, теплообмінники для агресивних середовищ та ін.), авіації (обшивка літаків, деталі двигунів), ракетній техніці, кораблебудуванні, важкому та енергетичному машинобудуванні, для виготовлення побутових приладів та ін.

## Важкі метали

До важких металів відносять: мідь, нікель, свинець, цинк та олово.

**Мідь** – метал червоного кольору, густиною 8960 кг/м<sup>3</sup> з температурою плавлення 1083°C, має високу тепло- та електропровідність (за цими властивостями поступається тільки сріблу), пластичність, корозійну стійкість в звичайних умовах та агресивних середовищах (окрім аміачних та сірководневих). Мідь гарно обробляється тиском та погано різанням через високу в'язкість, має невисокі ливарні властивості (велика усадка).

В залежності від методів виплавки і рафінації мідь випускають катодну (M00к, M0ку, M0м, M1к), безкисневу (M00б, M0б), катодну переплавлену (M1у, M1), розкислену (з низьким вмістом кисню, марок M1р, M1ф, M2р, M3р), вогневого рафінування (очищена від домішок марок M2, M3).

Біля половини загального випуску міді використовують в електротехнічній промисловості (кабелі, генератори, електродвигуни та ін. обладнання).

*Сплави міді* за хімічним складом поділяють на *латуні, бронзи, мідно-нікелеві та спеціальні*; за способом обробки – на ливарні та деформовані; за властивостями – на високоміцні, хімічно стійкі, антифрикційні та ін.

Найбільше застосування в промисловості мають сплави міді – латуні та бронзи. До *латуней* відносять сплави на основі міді і цинку, до *бронз* – сплави міді з іншими металами. У марках латуні і бронзи на першому місці стоять **букви** Л – латунь і Бр – бронза. Для позначення елементів, які входять до складу сплаву, в марку вводять букви: О – олово, С – свинець, А – алюміній, Ж – залізо, К – кремній, Мц – марганець, Н – нікель, Ф – фосфор, Ц – цинк, Мг – магній, М – мідь, Б – берилій, Х – хром. **Цифри**, які стоять після букв, вказують на кількість легуючого елементу у *відсотках*. Масову частку цинку в латунях і масову частку

## Матеріалознавство

міді в бронзі не позначають (оцінюють за різницею концентрацій). Наприклад: латунь ЛЖМц59-1-1 містить 59% міді, 1% заліза, 1% марганцю, інше – цинк; бронза БрОФ6,5-1,5 складається з 6,5% олова, 1,5% фосфору, все інше – мідь.

*Латуні* – сплави міді з цинком (до 40%). В порівнянні з міддю більш міцні і корозійностійкі, більш пластичні, піддаються зварюванню, паянню, лудінню, обробці різанням та тиском. Латуні випускають подвійні ( $Cu+Zn$ ) і спеціальні багатокомпонентні (леговані алюмінієм, залізом, нікелем, оловом, марганцем та ін.), у тому числі: ливарні та деформовані. Подвійні латуні маркують буквою Л і цифрою – % вмісту міді: Л96, Л90 – томпак, Л85, Л80 – напівтомпак, Л70, Л68, Л63 і Л60 – латуні подвійні.

Леговані латуні випускають олов'янисті (ЛЮ70-1), свинцевисті (ЛС74-3), алюмінієві (ЛА77-2), кременисті (ЛК72-1), марганцевисті (ЛМц58-2) і більш широкого складу (ЛАЖ60-1-1, ЛЖМц59-1-1 та ін.). В ливарних латунях (ЛС, ЛК, ЛКС та ін.) вміст міді та ін. компонентів не вказують.

Латуні використовують для виготовлення різних корозійностійких деталей в машинобудуванні, дроту, арматури, втулок, шестерень, зубчастих коліс, гребних гвинтів та ін. деталей.

*Бронзи* – сплави міді з оловом, алюмінієм, кремнієм, берилієм та ін. елементами (табл. 9.1). На відміну від латуні цинк тут



відсутній, або додається в невеликій кількості. У порівнянні з міддю мають більш високі ливарні, антифрикційні, антикорозійні властивості, більш тверді. Бронзи випускають олов'янисті та безолов'янисті, ливарні і деформуємі. Олов'янисті бронзи (до 12% олова) використовують для виготовлення антифрикційних деталей (БрОЦС4-4-2,5, БрОЦС5-5-5, БрОЦС4-4-17), пружин (БрОЦ4-3), арматури, яка працює в умовах пари, прісної та морської води (БрОЗЦ7С5Н1, БрОЗЦ12С5; рис. 9.2) та ін. цілей.

Рисунок 9.2 – Кран з бронзи

Безолов'янисті бронзи – алюмінієві, кременисті, свинцевисті, берилієві, марганцевисті.

## Види бронз та призначення

Бронзи	Призначення
Алюмінієві БрА5, БрА7, БрАЖ9-4, БрАЖ9-4Л, БрАЖН10-4-4, БрАЖН10-4-4Л	Розмінні монети, невеликі важливі деталі (втулки, шестерні, фланці) і деталі, що працюють в морській воді
Кременисті БрКМц3-1, БрКН1-3	Антифрикційні деталі і ті, що пружиняють та працюють в агресивних середовищах та за температур до 225°C
Свинцевисті БрС30	Підшипники, які працюють за підвищеного тиску та невеликій швидкості
Берилієві БрБ2	Важливі деталі, що пружиняють
Марганцевисті БрМц5	Деталі, що працюють за підвищених температур

*Мідно-нікелеві сплави* випускають конструкційні та технічні. До цих сплавів відносять:

- копель (МНМц 43-0,5);
- константан (МНМц 40-1,5);
- мельхіор (МНЖМц 30-1-1);
- нейзільбер (МНЦ 15-20);
- куніаль (МНА 13-3);

Сплави використовують для виготовлення монет, хірургічних інструментів, деталей електричних машин та приладів, посуду, прикрас та ін.

## Дорогоцінні метали

До дорогоцінних (благородних) металів відносять золото, срібло, платину та паладій.

**Золото** – блискучий метал густиною 19320 кг/м<sup>3</sup>, температурою плавлення 1046,5°C. Має високі електро- і теплопровідні властивості, термічну стійкість, не окиснюється, легко обробляється тиском у холодному стані.

Золото є дуже м'яким металом, тому в техніці використовують в основному у виді сплавів з платиною, цирконієм, сріблом, міддю, нікелем та паладієм. Широко використовують у виробництві ювелірних виробів, монет, медалей, зубних протезів, деталей хімічних апаратів, електричних контактів і проводів, для нанесення покриттів на металеві поверхні, фарбування скла та ін. В залежності від відсоткового вмісту лігатурних металів (компонентів сплаву з дорогоцінними металами) отримують золото жовтого, зеленого, красного та



## Матеріалознавство

білого кольорів. Випускають також сусальне золото. Це є листи товщиною  $0,13 \div 0,67$  мкм, які використовують для позолоти металів, гіпсу, дерева, мармуру та ін.

**Срібло** – метал білого кольору густиною  $10500 \text{ кг/м}^3$ , температурою плавлення  $960,8^\circ\text{C}$ . Серед металів має найвищу електро- та теплопровідність. Відрізняється пластичністю, віддзеркалювальними та бактерицидними властивостями. Хімічно малоактивний метал, але в присутності кисню та вологи взаємодіє з сірководнем та чорніє.

Основний споживач срібла – електротехніка та радіотехніка (контакти, припої, покриття). *Ag-Zn* акумулятори використовують в реактивній авіації та космічній техніці.

Срібло та його сплави використовують в кіно- та фототехніці, для виготовлення дзеркал, як каталізатор хімічних реакцій, для очистки води, для отримання ювелірних виробів, виготовлення сплавів з золотом, міддю, платиною, паладієм, кадмієм, нікелем та кремнієм.

**Платина** – метал сріблясто-білого кольору густиною  $21460 \text{ кг/м}^3$ , температурою плавлення  $1772^\circ\text{C}$ . У порівнянні з іншими дорогоцінними металами має найбільший питомий електричний опір, низьку теплопровідність, високу хімічну стійкість.

Використовують у якості каталізатору багатьох процесів, для виготовлення лабораторного посуду, тиглів, деталей вимірювальних пристроїв, філь'єр у виробництві волокон, термопар, термометрів опору; в електротехніці – для виготовлення контактів, електроопорів, постійних магнітів (сплав з кобальтом); для виготовлення медичних інструментів та ювелірних виробів.

Платина у чистому вигляді має невисоку твердість, тому її використовують у вигляді сплавів з іридієм, родієм, нікелем, рутенієм, осмієм, молібденом, вольфрамом та сріблом.

Дорогоцінний метал і сплави, які поставляють для технічних цілей, позначаються маркою, а ті, що використовують у ювелірній промисловості – пробою. Проба вказує кількість частин чистого металу на 1000 вагових одиниць сплаву. Золото випускається 375, 500, 583, 750 та 958 проби, срібло – 750, 800, 875, 926 та 960 проби, платина – 950 проби.

В маркуванні дорогоцінних металів букви вказують компоненти сплавів (Зл – золото, Ср – срібло, Пл – платина, М – мідь, Пд – паладій, И – іридій, Рд – родій, Ру – рутеній, Н – нікель, Ц – цинк). Цифри в маркуванні вказують масову долю компонентів сплавів, наприклад: ЗлСрМ375-160, де 375 і 160 – тисячні долі золота і срібла; ЗлПдПл30-10 – масові долі паладію і платини. Наприклад, для отримання ювелірних виробів використовують сплав ЗлСр583-417; ЗлСрМ593-

## Матеріалознавство

80; CrM925; CrM916; ЗлCrM750-150; для зубних протезів використовують сплав ЗлCrM900-40.

Велика кількість сплавів використовують для виготовлення ковзних контактів та провідників в електротехніці.

### ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

**Завдання 1.** Вивчити асортимент, властивості, маркування і призначення алюмінію та сплавів на його основі.

#### Порядок виконання:

**1.1** Скласти таблицю характеристики алюмінію як конструкційного металу за формою 9.2.

Таблиця 9.2 – Асортимент, маркування і властивості алюмінію

Чистота металу	Марка	Вміст, %		Властивості, призначення
		металу	домішок	

**1.2** Скласти таблицю характеристики сплавів алюмінію.

Таблиця 9.3 – Асортимент та властивості сплавів алюмінію

Вид сплаву	Марка	Легуючі метали, %	Властивості, призначення

**Завдання 2.** Вивчити асортимент, властивості, маркування і призначення сплавів на основі міді.

#### Порядок виконання:

**2.1** Скласти таблицю за марками, властивостями і призначенню сплавів на основі міді за формою табл. 9.4.

Таблиця 9.4 – Марки та властивості сплавів на основі міді

Вид сплаву за хімічним складом	Маркування	Властивості, призначення

### Висновки

Матеріалознавство  
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

**ПРОДУКЦІЯ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ. НЕОРГАНІЧНІ КИСЛОТИ,  
ЛУГИ, СОЛІ**

---

**Мета:** вивчення асортименту, характеристик, застосування, умов транспортування та зберігання основних видів неорганічних кислот, лугів та солей як промислової сировини.

**Матеріали:** зразки кислот, лугів та солей; нормативна документація, довідники.

**Питання для підготовки з теми та контролю знань студентів.**

- Способи класифікації неорганічних кислот.
- Властивості та застосування сульфатної кислоти.
- Властивості та застосування нітратної кислоти.
- Властивості та застосування хлоридної кислоти.
- Властивості та застосування фосфатної кислоти.
- Умови зберігання та транспортування неорганічних кислот.
- Асортимент та застосування лугів.
- Умови зберігання та транспортування лугів.
- Властивості та застосування основних видів неорганічних солей.

**ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

**Характеристика кислот як промислової сировини**

Кислоти – це хімічні речовини, які дисоціюють у воді з утворенням йонів водню. Чим більше йонів водню, тим сильніша кислота.

Класифікація кислот:

- за походженням – органічні (оцтова) та неорганічні (сульфатна);
- за агрегатним станом – тверді (борна) і рідкі (хлоридна);
- за основністю – одноосновні (нітратна, хлоридна), двоосновні (сульфатна), трьохосновні (фосфатна).

## Матеріалознавство

Міцними неорганічними кислотами є сульфатна, нітратна, хлоридна, фосфатна, плавикова. Усі вони за нормальних умов прозорі рідини, руйнівні діють на організм людини та вимагають обережного поводження.

Сульфатна кислота є однією із найбільш сильних та дешевих кислот, що визначає величезні масштаби її виробництва та надзвичайно різноманітне застосування майже в усіх галузях народного господарства. Найзначнішими сферами використання сірчаної кислоти є: виробництво мінеральних добрив (до 40% загального обсягу виробництва); виробництво фосфатної, нітратної та інших кислот; металообробна промисловість (травлення поверхні); електроліти для хімічних джерел струму (акумулятори); виробництво великої кількості органічних сполук і полімерних матеріалів.

Концентрована сульфатна кислота  $H_2SO_4$  – важка масляниста рідина без кольору та запаху; присутність домішок надає їй жовтуватого чи більш темного кольору. Основні її фізичні властивості: густина, температура кипіння та кристалізації залежать від її концентрації.

Сульфатна кислота з 94%  $H_2SO_4$  має густину за нормальних умов 1850 кг/м<sup>3</sup>, температуру кипіння 296°C та температуру кристалізації -30°C. Розчин сульфатного ангідриду  $SO_3$  в 100%  $H_2SO_4$  називається олеумом. Сульфатна кислота є сильним водопоглинаючим засобом з виділенням великої кількості тепла. Розбавляти сульфатну кислоту водою слід обережно, додаючи кислоту у воду. Концентрована сульфатна кислота є сильним окисником, особливо за підвищених температур. Вона окиснює більшість металів, вуглець, сірку тощо. На холоді деякі метали пасивуються концентрованою сульфатною кислотою (хром, нікель, залізо та його сплави – чавун, сталь).

Хімічна промисловість випускає декілька видів сульфатної кислоти, які відрізняються концентрацією та якістю. Використовують два способи промислового отримання сульфатної кислоти: контактний та нітрозний (вежний).

Нітратна кислота належить до важливих мінеральних кислот. Концентровану і розбавлену кислоту використовують у виробництві мінеральних добрив; у хімічній промисловості (одержання синтетичних смол, хімічних волокон, лакофарбових матеріалів, кислот, солей тощо), виробництві пластмас, кіноплівок, вибухових речовин, ракетного пального, в металургії кольорових металів.

Концентрована нітратна кислота  $HNO_3$  – безбарвна чи злегка жовтувата прозора рідина з різким задушливим запахом, під дією світла повільно розкладається з виділенням нітроген оксиду (IV) у, який надає їй залежно від

## Матеріалознавство

ступеня розкладання забарвлення від жовтого до буро-червоного; нітратна кислота немов «димить» на повітрі.

Густина та температура кристалізації нітратної кислоти, як і сульфатної, залежать від її концентрації. Концентрована (98%) кислота має густину 1520 кг/м<sup>3</sup> і кристалізується, тобто застигає, за температури мінус 41,1°C, кипить за температури +82,6°C. Специфічною особливістю нітратної кислоти є її сильні окислювальні властивості, особливо концентрованої, під дією якої деякі органічні суміші (папір, вугілля, оливи тощо) навіть займаються. Випускають нітратну кислоту неконцентровану і концентровану. Неконцентрована нітратна кислота має вміст  $HNO_3$  від 45 до 60% і використовують її в основному у виробництві нітратних добрив.

Концентровану нітратну кислоту випускають декількох видів та сортів (табл. 10.1).

Кислоту нітратну особливої чистоти (спеціальна) використовують у електронній та радіоелектронній промисловості.

Таблиця 10.1

Асортимент та показники якості концентрованої нітратної кислоти

Показник	Кислота 98,5%	Кислота 97÷98,5 %			Спеціальна	
		Сорт				
		вищий	I	II	I	II
Вміст, %: нітратної кислоти, не менше	98,5	98,5	98,0	97,0	70-75	70-75
сульфатної кислоти, не більше	0,04	0,05	0,08	0,12	0,01	0,002
нітрогену оксидів, не більше	0,2	0,3	0,3	0,4	0,04	0,06
прожареного залишку, не більше	0,06	0,015	0,02	0,04	0,01	0,005

За обсягом виробництва нітратна кислота займає друге місце після сульфатної кислоти. За вартістю концентрована нітратна кислота дорожча за сульфатну та хлоридну.

Хлоридна кислота – це безбарвний з гострим задушливим запахом розчин хлористого водню у воді. Домішки надають їй жовтого чи зеленуватого кольору. Внаслідок виділення хлористого водню сильно «димить» на повітрі. Хлористий водень обмежено розчиняється у воді, тому товарні види хлоридної

## Матеріалознавство

кислоти мають концентрацію найбільше 35-36%, густину 1180 кг/м<sup>3</sup>. Хлоридна кислота хімічно активна, руйнує усі метали, окрім золота та платини.

Кислоту хлоридну синтетичну технічну випускають марок А, Б, В, що відрізняються концентрацією та якістю (таблиця 10.2).

Хлоридну кислоту використовують у хімічній промисловості для виробництва хлоридів, продуктів органічного синтезу і полімерних матеріалів; в металообробці та металургії для очистки металу від окалин; для дублення шкіри; при бурінні нафтових свердловин тощо.

Таблиця 10.2

Показники якості кислоти хлоридної синтетичної технічної

Марки	Сорт	Вміст HCl, %, не менше	Домішки, %, не більше		Призначення
			вільний хлор	Залізо	
А	вищий	35,3	0,005	0,003	Для харчової промисловості
Б	вищий	33,0	0,005	0,003	Для інших галузей
В	перший	31,5	0,01	0,02	

У виробництві особливо чистої хлоридної кислоти для харчової та медичної промисловості та для хімічних реактивів хлористий водень ретельно очищують від домішок.

Ортофосфатна кислота  $H_3PO_4$  – це безбарвна (марка А), або жовтувата чи більш темного кольору (марка Б) рідина густиною 1870 кг/м<sup>3</sup>. За концентрації більше 88,7% – безбарвні кристали. У промисловості випускають ортофосфатну кислоту термічну з масовою долею  $H_3PO_4$  73%. Для виробництва добрив випускають екстракційну ортофосфатну кислоту з масовою долею кислоти 50%.

Ортофосфатну кислоту використовують у виробництві фосфорних добрив, фосфорнокислих солей металів, у лакофарбовій та харчовій промисловості.

### Вимоги до транспортування та зберігання неорганічних кислот

Кислоти транспортують в цистернах, бочках, скляних пляшках чи перекачують по кислотопроводах. Матеріали ємкостей залежать від виду кислоти та її концентрації. Концентрована сульфатна кислота пасивує залізо, тому ємкості для зберігання технічної сульфатної кислоти виготовляють із сталі марки Ст3. Для концентрованих та якісних кислот (поліпшеної, акумуляторної) для уникнення попадання домішок заліза використовують нержавіючі кислотостійкі сталі чи футерують ємкості кислотостійкими матеріалами.

Нітратну кислоту концентровану транспортують у вагонах-цистернах, які виготовлені з алюмінію марки АДО або в алюмінієвих бочках. Наливні люки і

## Матеріалознавство

горловина повинні бути ущільнені кислотостійкими прокладками. Зберігають в герметичних алюмінієвих місткостях, в критих складських приміщеннях з гарною вентиляцією.

Нітратну кислоту особливої чистоти транспортують в скляних пляшках в обрешітці. Зберігають в упаковці виробника в критих складських темних приміщеннях з вентиляцією.

Для хлоридної кислоти використовують сталеві (із Ст3) гумовані цистерни чи бочки. Сульфатна, нітратна неконцентровані та хлоридна кислоти можуть також транспортувати та зберігати в скляних бутлях ємкістю до 40 л, що вкладають у плетені кошики, дерев'яні чи поліетиленові обрешітки, які ущільнені соломою чи дерев'яною стружкою. Для концентрованої нітратної кислоти це заборонено, бо вона викликає займання органічних речовин. Для хлоридної та розведеної сульфатної кислот можна використовувати поліетиленові ємкості, але варто пам'ятати, що сильні окисники (концентрована сульфатна кислота, нітратна будь-якої концентрації) руйнують поліетилен. Треба враховувати і температуру кристалізації (замерзання) рідкої продукції, наприклад, олеум зберігають в опалюваних приміщеннях, транспортують в утеплених цистернах чи мають обладнання для підігріву.

Ортофосфатну кислоту транспортують в скляних пляшках, поліетиленових пляшках і каністрах, сталевих спеціальних залізничних цистернах або контейнерах. Зберігають в сталевих футерованих закритих місткостях, пляшках, каністрах.

Слід звертати увагу на гарантійний термін зберігання продукції. По закінченні гарантійного терміну продукт перед використанням повинен бути перевірений на відповідність вимогам стандарту.

Кислоти небезпечні для здоров'я людини. Тому при їх зберіганні слід абсолютно дотримуватись вимог безпеки. На упаковці чи ємкостях повинні бути нанесені попереджувальні надписи, а в накладних стояти штампель: «Небезпечно», «Бережись опіку» чи «Кислота». Кислоти при контакті зі шкірою і слизовими оболонками викликають опіки. Розлиті сульфатна та нітратна кислоти можуть бути причиною пожежі в складських приміщеннях, що може призвести до загоряння органічних речовин, тому заборонено зберігати разом з кислотами будь-які сторонні, а особливо горючі і займісті речовини.

Склади та площі для зберігання кислот повинні бути обладнані засобами пожежогасіння та нейтралізації. Для нітратної кислоти, наприклад, нейтралізаторами є розчини аміаку, соди, рідкого мила, вапняного молока; для розведення використовую воду. Розливу сульфатну кислоту не можна змивати водою, її слід засипати піском, а потім нейтралізувати розчином натру їдкого.

## Матеріалознавство

Складські приміщення для зберігання кислот повинні мати гарну припливно-витяжну вентиляцію.

### Характеристика лугів як промислової сировини

Луги – це розчинні у воді гідрати оксидів металів (гідроксиди). В залежності від числа гідроксильних груп  $OH^-$  луги поділяють на однокислотні ( $NaOH$ ,  $KOH$  та ін.) та багатокислотні ( $Ca(OH)_2$  та ін.)

Найголовнішими з них є натрію гідроксид  $NaOH$  та калію гідроксид  $KOH$ . Це тверді, безбарвні гігроскопічні речовини, які легко розчиняються у воді з виділенням тепла. Сильні основи, поглинають  $CO_2$  і  $H_2O$  з повітря.

Фізичні властивості:  $NaOH$   $\rho = 2130$  кг/м<sup>3</sup>,  $T_{пл} = 320^\circ C$ ;  $KOH$   $\rho = 2120$  кг/м<sup>3</sup>,  $T_{пл} = 380^\circ C$ . Луги роз'їдають папір, шкіру, тканину, діють на скло, фарфор. При роботі з лугами необхідно дотримуватись спеціальних заходів безпеки.

Натрію гідроксид (натр їдкий, каустична сода, каустик)  $NaOH$  застосовують в хімічній (виробництво мил, волокон), нафтохімічній, целюлозно-паперовій промисловості (папір), кольоровій металургії.

У залежності від способів отримання і агрегатного стану натр їдкий випускають у вигляді твердого продукту і розчинів. Натр їдкий поділяють на технічний та очищений.

Натр їдкий технічний  $NaOH$  випускають п'яти марок:

ТР – твердий ртутний (чешуйований);

ТД – твердий діафрагмовий (плавлений) з концентрацією 94,0%;

РР – розчин ртутний з концентрацією 48%;

РД – розчин діафрагмовий з концентрацією 44%;

РХ – розчин хімічний: масова частка натру їдкого для 1-го, 2-го та вищого сортів 45%, 43%, 46% – відповідно.

Калію гідроксид технічний  $KOH$  – біла кристалічна речовина, легкорозчинна у воді та спирті. Застосовують для приготування електrolітів лужних акумуляторів, виробництві рідкого мила і в інших цілях. Випускають у вигляді твердої речовини (марки А і Б) або рідини (марки В і Г) з масовою часткою калію гідроксиду відповідно 95, 93, 52, 53%.

### Вимоги до транспортування і зберігання лугів

Рідкі луги перевозять і зберігають в спеціальних залізничних цистернах, сталевих або поліетиленових бочках. Люки і горловини ущільнюють гумовими прокладками. Тверді луги перевозять і зберігають в сталевих барабанах, скляних або поліетиленових банках. Очищений натр їдкий транспортують і зберігають у ємкостях з нержавіючої сталі або гумованих. Натр їдкий у вигляді пластин-лусок



## Матеріалознавство

розфасовуюють у скляні або поліетиленові банки місткістю 2-3 кг, які вкладають у дерев'яні або картонні ящики.

Тара для твердих лугів повинна закриватися герметично. На барабанах, бочках, контейнерах з лугами (рідкими або твердим) наводять: найменування підприємства-виробника, сорт, номер партії, маса брутто і нетто, дату випуску і напис «Небезпечно – їдкі речовини». На цистернах по всій довжині з обох боків наносять смугу жовтого кольору, на днищі – жовтий квадрат розміром 1000x1000 мм з написом «Їдка рідина».

Луги зберігають в складських неопалюваних приміщеннях з витяжною і припливною вентиляцією.

### Характеристика солей як промислової сировини

Солями називають хімічні сполуки, що є продуктами заміщення водню металами в кислотах. Поділяють на середні, кислі й основні. Окрім цього солі є подвійні, змішані і комплексні.

У народному господарстві найбільш широко використовують солі *Ca*, *Na*, *K* сульфатної, нітратної, хлоридної та фосфатної кислот. Застосовують також солі *Mg*, *Zn*, *Cr*, *Cu*, *Mn*, *Ba* та інших металів і кислот.

#### Содові продукти

Сода кальцінована технічна (натрій вуглекислий безводний)  $Na_2CO_3$  – білий мікрокристалічний порошок, легко розчинний у воді. Гігроскопічний. Випускають технічну і реактивну. Застосовують у виробництві вакуумного скла (марка А), натру їдкою, в миловарній, текстильній, целюлозно-паперовій, лакофарбовій, нафтовій промисловості (марка Б) і для побутових потреб. Пожежо- і вибухобезпечний. Транспортують у м'яких спеціальних контейнерах, багатошарових ламінованих паперових мішках критими видами транспорту.

Сода питна (натрій двовуглекислий, натрію бікарбонат)  $NaHCO_3$  – білий дрібний порошок, який взаємодіє з кислотами та розкладається з виділенням вуглекислого газу. Застосовують в харчовій, медичній, хімічній промисловості та виготовленні вогнегасників.

Калій вуглекислий технічний (калію карбонат, поташ)  $K_2CO_3$  – білий кристалічний порошок, використовують в будівництві, скляній, електровакуумній, хімічній і інших галузях промисловості.

#### Солі сульфатної кислоти

Алюмінію сульфат технічний очищений –  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  – твердий білий кристалічний порошок, також буває у вигляді пластинок, що не злежуються, брикетів, шматків різного розміру. Застосовують для очищення

## Матеріалознавство

води господарсько-питного і промислового призначення, а також в паперовій, текстильній, шкіряній і інших галузях промисловості.

Барію сульфат акумуляторний  $BaSO_4$  – порошок білого кольору. Використовують у електротехнічній, нафтопереробній, нафтохімічній і ін. галузях промисловості. Барію сульфат у вигляді пасти білого кольору застосовують в операціях баритування паперів. Використовують також у виробництві баритової основи фотопаперу і для поверхневої проклейки паперових основ (марка "А"), у виробництві крейдованих паперів (марка "Б").

Феруму (II) сульфат (купорос залізний)  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  – голубовато-зелені кристали, використовують у гальванотехніці, консервант деревини, фунгіцид у виробництві пігментів, відновник.

Кальцію сульфат  $CaSO_4$  в природі зустрічається у вигляді гіпсу  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ; застосовують у виробництві алебастру.

Квасци хромокалієві  $KCr_2(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  и алюмокалієві  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  – використовують для дублення шкір, водоочистці, виробництві фарб, в хімічній, текстильній, медичній, целюлозно-паперовій промисловості.

Магнію сульфат  $MgSO_4$  – білі кристали. Використання: сировина для виробництва сульфатної кислоти і магнію оксиду, у виробництві магнезійного цементу, у текстильній промисловості, наповнювач для паперу.

Міді сульфат (купорос мідний)  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  – порошок синього кольору, негорючий, гігроскопічний. Використовують у сільському господарстві, виробництві штучних волокон, для виробництва органічних барвників, мінеральних фарб.

Натрію сульфат (мірабіліт, глауберова сіль)  $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$  – білий кристалічний порошок. Застосовують у виробництві скла, волокон, целюлози, натрію силікату, сульфатної кислоти, соди, при фарбуванні тканин.

Цинк сульфат (купорос цинковий)  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  – кристали, гранули, порошок білого кольору. Використовують у виробництві хімічних волокон, целофану, отрутохімікатів, в металургійній і електрохімічній промисловостях.

Нікель сульфат (купорос нікелевий)  $NiSO_4 \cdot 7H_2O$  – зелені кристали різної величини. Використовують для отримання каталізаторів; компонент електроліту при нанесенні покриттів на метали (нікелювання), фунгіцид, в акумуляторній, жировій, парфумерній промисловості.

## Солі нітратної кислоти

Барій азотнокислий технічний (барію нітрат)  $Ba(NO_3)_2$  – це білі кристали з жовтуватим чи сіруватим відтінком. Використовують для виробництва скла, емалей, глазури, сантехнічних виробів, хімічних реактивів і ін. Токсичний. З органічними продуктами здатний утворювати вибухові суміші.

## Матеріалознавство

Натрій азотнокислий технічний (натрію нітрат, селітра натрієва)  $NaNO_3$  – це білі прозорі кристали із сіруватим чи жовтуватим відтінком. Використовують як добриво, компонент гартувальних ванн у металообробці, компонент рідких сольових холодоагентів, консервант харчових продуктів. Пожежонебезпечний, сильний окиснювач.

Селітра калієва технічна (калію нітрат технічний)  $KNO_3$  – білі кристали з жовтувато-сірим відтінком, які є комплексним добривом. Використовують в електровакуумній промисловості, для виробництва димного порошу, знебарвлення її освітлення кришталю, зміцнення скловиробів, консервант харчових продуктів. Пожежонебезпечний, сильний окиснювач.

Срібло азотнокисле (срібла нітрат)  $AgNO_3$  – безбарвний кристалічний порошок. Застосування: для сріблення дзеркал, в'язучий бактерицидний лікарський засіб (ляпіс), реагент у срібнометрії, компонент фотоемульсій, основа для отримання інших сполук срібла.

## Солі хлоридної кислоти

Калію хлорид  $KCl$  – білий кристалічний порошок. Використання: добрива; у виробництві гідроксиду, хлорату, перхлорату і інших речовин.

Кальцій хлористий технічний  $CaCl_2$  – це порошок, лусочки або гранули білого чи сірого кольорів; розчин жовтувато-сірого або зеленуватого кольору. Використовують для отримання кальцію і кальцію оксиду, для сушіння газів і рідин, для прискорення тверднення бетону. Водний розчин – холодоагент, антифриз, засіб проти обледеніння у авіації і на транспорті, проти змерзання вугілля і руд.

Магній хлористий технічний (бішофіт)  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  – це лусочки від білого до світло-сірого кольору з відтінками від жовтуватого до світло-коричневого. Використовують для отримання магнію і магнію гідроксиду, у різних галузях промисловості аналогічно використанню кальцію хлориду.

Натрію хлорид (сіль харчова, сіль кам'яна)  $NaCl$  – кристали білого або сіруватого кольору. Застосування: харчовий продукт; засіб для консервування; основа для виробництва хлору, соди, натру їдкого, натрію металічного, натрію хлорату та інших речовин.

Цинк хлористий технічний  $ZnCl_2$  – білі чи злегка забарвлені лусочки; безбарвний чи світло-жовтий розчин. Використовують у якості антисептику для деревини; компоненту травильних розчинів, електроліту для гальванічних покриттів, сухих елементів, флюсів для паяння і зварювання; відбілювачу паперу, протрави для фарбування тканин. Негорючий. Транспортують у тонкостінних сталевих барабанах, спеціальних сталевих цистернах.

## Матеріалознавство

### Солі ортофосфатної кислоти

Кальцію ортофосфати: кальцію дигідроортофосфат (монокальцію фосфат)  $Ca(H_2PO_4)_2$ , кальцію гідроортофосфат (кальцію гідрофосфат)  $CaHPO_4$ , кальцію ортофосфат (трикальцію фосфат)  $Ca_3(PO_4)_2$  – порошки білого кольору.

Кальцію дигідроортофосфат і гідроортофосфат розчинні у воді і використовують у якості добрив (суперфосфати); мінеральної підкормки для худоби; компоненту зубних паст і порошків, кераміки та скла. Кальцію ортофосфат – сировина для виробництва суперфосфатів; освітлювач цукрових сиропів; протрава при фарбування тканин; стабілізатор полімерів.

Натрію триполіфосфат  $Na_5P_3O_{10}$  – порошок білого кольору. Використовують для виготовлення миючих засобів, у видобутку нафти, у харчовій і текстильній промисловостях та ін. Нетоксичний. Пожежо- і вибухобезпечний.

Цинк фосфорнокислий однозаміщений  $Zn(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$  – це кристали білого чи сірого кольору. Використовують у виробництві присадок до мастил, засобів захисту рослин і інших цілях.

### Солі інших кислот

Калію біхромат (хромпик)  $K_2Cr_2O_7$  – сильний окислювач. Застосовують для виробництва сірників і у піротехніці.

Калію перманганат  $KMnO_4$  – темно-фіолетові кристали. Використовують як окислювач, відбілювач, антисептик.

Кальцію карбонат (крейда)  $CaCO_3$  – білий порошок. Застосування: будівельний матеріал, сировина для виробництва вапна, наповнювач для паперу та гуми, компонент зубного порошку, косметичних препаратів.

Натрію тетрабората декагідрат (бура технічна)  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ . Використовують при виготовленні скла, кераміки, глазури; миючих засобів; антисептик для обробки шкір; мікрокомпонент добрив.

### Вимоги до транспортування і зберігання солей

Основним видом упаковки для солей є багатошарові паперові мішки або барабани. Для токсичних, наприклад купороси, або пожежонебезпечних солей використовують спеціальні контейнери; багатошарові ламіновані, бітумінізовані чи з поліетиленовими вкладишами паперові мішки. Транспортування солей здійснюють критими видами транспорту.

Хімічні матеріали у залежності від властивостей і пожежної небезпеки зберігають у напівпідземних і наземних сховищах (резервуарах) окремо від інших матеріалів і устаткування. Забороняється зберігати хімічні матеріали в підвалах і приміщеннях житлових і громадських будівель. Зберігати хімікати

## Матеріалознавство

можна в сухих і чистих, добре провітрюваних, що мають надійну вентиляцію, ізольованих складських секціях. Склади для збереження хімічних матеріалів повинні відповідати вимогам техніки безпеки.

### ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

**Завдання 1** Вивчити асортимент, маркування, властивості і застосування неорганічних кислот: сульфатної, нітратної, хлоридної і фосфатної.

#### Порядок виконання:

**1.1** Вивчити асортимент, показники якості і застосування неорганічних кислот. Результати оформити у вигляді таблиці 10.3.

Таблиця 10.3

Асортимент та якість неорганічних кислот

Назва кислоти	Сорт і вид кислоти	Концентрація, %	Вміст домішок, %	Застосування

**Завдання 2.** Вивчити асортимент, показники якості, застосування натру їдкого технічного.

#### Порядок виконання:

**2.1** Вивчити асортимент, показники якості і застосування натру їдкого. Результати оформити у вигляді таблиці 10.4.

Таблиця 10.4

Асортимент та показники якості натру їдкого

Назва	Марка	Масова частка $NaOH$ , %	Вміст домішок, %	Застосування

## Висновки

Матеріалознавство  
**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11**  
**ЛАКОФАРБОВІ МАТЕРІАЛИ**

---

**Мета:** вивчити характеристику, асортимент та призначення лакофарбових матеріалів.

**Матеріали:** лакофарбові матеріали, нормативна документація.

**ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ З ТЕМИ ТА КОНТРОЛЮ ЗНАТЬ СТУДЕНТІВ:**

- Як класифікуються лакофарбові матеріали?
- Які ви знаєте плівкоутворювачі?
- За якими ознаками класифікуються лакофарбові матеріали ?
- Що входить до складу лакофарбових матеріалів?
- Основні властивості лакофарбових матеріалів.

**ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

**Лакофарбові матеріали**

**Компоненти лакофарбових матеріалів**

Компонентами лакофарбових матеріалів служать як початкові сировинні продукти, що поступають на заводи в готовому вигляді, так і напівпродукти або напівфабрикати, що виготовляють на самих лакофарбових заводах.

До компонентів лакофарбових матеріалів відносять:

- плівкоутворюючі речовини (поліконденсаційні і полімеризаційні смоли, природні смоли, ефіри целюлози, рослинні масла і ін.);
- пігменти – неорганічні і органічні;
- наповнювачі (барит, крейда, тальк, слюда і ін.);
- пластифікатори (касторова олія, ефіри кислот – фталати, фосфати і ін.);
- розчинники (сольвент, уайт-спірит, ксилол, ацетон, спирти, ефіри і ін.);
- сикативи (прискорювачі висихання покриттів, в основному солі і оксиди свинцю, марганцю, кобальту);
- добавки (ініціатори, твердники, стабілізатори, емульгатори і ін.).

Від якості і співвідношення компонентів залежать властивості лакофарбових матеріалів і покриттів.

## Матеріалознавство

### Основні властивості лакофарбових матеріалів і покриттів

До основних властивостей рідких лакофарбових систем (прозорих і непрозорих) відносять:

- хімічні (вміст основної речовини, летких і нелетких компонентів, зольність, кислотне число, рН і ін.);
- фізико-хімічні (густина, в'язкість, час висихання, покривність);
- малярно-технічні (смітність, ступінь перетирання, “розлив”, стікаємість).

До основних властивостей лакофарбових покриттів (плівок) відносять:

- декоративні (колір, зовнішній вигляд, блиск);
- фізико-механічні (адгезія, твердість, еластичність, міцність при розтягуванні і вигині, ударна міцність, зносостійкість);
- захисні (атмосферо-, світло-, термо-, морозостійкість);
- малярно-технічні (придатність до шліфування і полірування);
- електроізоляційні (електрична міцність, об'ємний питомий електричний опір, тангенс кута діелектричних втрат);
- хімічні (стійкість до дії кислот, лугів, агресивних газів, води, олив, бензину, мильних розчинів, емульсій і інших хімічних реагентів).

Специфічні властивості повинні мати спеціальні лакофарбові матеріали і покриття (наприклад, струмопровідність, стійкістю до глибокого холоду, відкритого полум'я, випромінювань і ін.).

### Класифікація лакофарбових матеріалів і покриттів

Лакофарбові матеріали, що випускаються промисловістю, поділяють на основні, проміжні і інші.

*Основні види:* лаки, фарби, емалі, ґрунтовки і шпаклівки.

*Проміжні:* оліфи, сикативи, смоли, розчини смол, розчинники і розріджувачі.

*Інші:* змиви, пасти, твердники, прискорювачі, мастики і ін.

Основні лакофарбові матеріали класифікують за двома ознаками: хімічному складу (типу плівкоутворювача) і переважному призначенню. При класифікації лакофарбових покриттів також встановлено дві ознаки – умови експлуатації і зовнішній вигляд поверхні покриття.

Лаки, емалі, ґрунтовки і шпаклівки випускають на основі наступних плівкоутворюючих полімерних матеріалів:

## Матеріалознавство

### на поліконденсаційних смолах:

г л і ф т а л е в і ( Г Ф )  
п е н т а ф т а л е в і ( П Ф )  
п о л і у р е т а н о в і ( У Р )  
м е л а м і н о ф о р м а л ь д е г і д н і ( М Л )  
к а р б а м і д о ф о р м а л ь д е г і д н і ( М Ч )  
к р е м н і й о р г а н і ч н і ( К О )  
п о л і е ф і р н і н е н а с и ч е н і ( П Э )  
ф е н о л ф о р м а л ь д е г і д н і ( Ф Л )  
е п о к с и д н і ( Э П )  
е п о к с и е ф і р н і ( Э Ф ) і і н .

### на ефірах целюлози:

н і т р о ц е л ю л о з н і ( Н Ц )  
э т и л ц е л ю л о з н і ( Э Ц )

### на полімеризаційних смолах:

к а у ч у к о в і ( К Ч )  
п е р х л о р в і н і л о в і ( Х В )  
ф т о р о п л а с т о в і ( Ф П )  
п о л і в і н і л а ц е т а т н і ( В А )  
п о л і а к р и л а т н і ( А К )  
п о л і в і н і л а ц е т а л ь н і ( В Л )

### на природних смолах:

б і т у м н і ( Б Т )  
к а н і ф о л ь н і ( К Ф )  
м а с л я н і ( М А )  
я н т а р н і ( Я Н ) і і н .

Лакофарбові матеріали за хімічним складом класифікують таким чином: лаки, емалі, ґрунтовки, шпаклівки, фарби, оліфи і сикативи.

Фарби випускають водоемульсійні – акрилатні (Е-АК), полівінілхлоридні (Е-ХВ), полівінілацетатні (Е-ВА), а також масляні (МА) і алкідні двох типів (ГФ і ПФ).

Оліфи – алкідні (ГФ і ПФ), масляно-каучукові, натуральні, нафтополімерні, комбіновані і оксоль.

Лакофарбові покриття поділяють за умовами експлуатації на 9 груп, що мають цифрове позначення у вигляді цілих чисел від 1 до 9. У разі наявності усередині групи підгруп їх позначають порядковими цифрами, що стоять в знаменнику дробу.

Розрізняють покриття:

- атмосферостійкі (1);
- обмежено атмосферостійкі, тобто стійкі під навісами або всередині приміщення (2);
- захисні або консерваційні (3);
- водостійкі (4), до прісної води і пари води (4/1), до морської води (4/2);
- спеціальні (5);



## Матеріалознавство

- оливо-, бензостійкі (6) до мінеральних олив і мастил (6/1), до бензину, гасу і ін. нафтопродуктів (6/2);
- хімічно стійкі (7), до агресивних газів і пари (7/1), кислот (7/2), луг (7/3);
- термостійкі у межах температур від 60 до 500 °С (8);
- електроізоляційні (9).

За зовнішнім виглядом покриття поділяють на 7 класів, кожний з яких характеризують блиском поверхні і її якістю. Якість покриття визначають наявністю хвилястості, сторонніх включень і ін. Ступінь блиску оцінюють за допомогою приладу – фотоблискоміру: наприклад, високоглянсові покриття (ВГ) мають ступінь блиску більше 60 %, матові (М) – від 4 до 20 %.

Окрім вказаних ознак класифікації, що увійшли до стандартизованої системи класифікації, лакофарбові матеріали і покриття класифікують за наступними ознаками:

- за цільовим призначенням – автомобільні, електроізоляційні, меблеві, шкіряні і ін.;
- за декоративними властивостями – молоткові, шагреневі, рефлексні, імітаційні, флуоресцентні;
- за ступенем блиску – високоглянсові, глянсові, напівглянсові, матові і глибокоматові;
- за способом нанесення – кистю, пневматичного розпилення (пульверизаційні), для електрофарбування, електрофорезу і ін.;
- за послідовністю нанесення – просочувальні, ґрунтовочні, проміжні, покрівельні;
- за способом сушіння – холодного (повітряного) сушіння і гарячого сушіння;
- за специфічними умовами експлуатації покрівель – тропікостійкі, для холодного клімату, для забрудненої атмосфери, стійкі до морської води і ін.

### Позначення лакофарбових матеріалів і покриттів

Кожному лакофарбовому матеріалу привласнюють найменування і позначення, що складається із слів, букв і цифр. Позначення лаків складається з чотирьох, а лакофарбових матеріалів, що містять пігменти, – з п'яти груп знаків:

## Матеріалознавство

1 група – вид лакофарбового матеріалу, що позначають словом – лак, фарба, емаль, ґрунтовка, шпатлівка.

2 група – тип плівкоутворювача (синтетичні або природні смоли).

3 група – умови експлуатації, які позначають однією цифрою від 1 до 9.

4 група – порядковий номер даного лакофарбового матеріалу (1÷3 цифри).

5 група – колір лакофарбового матеріалу, що позначають словами.

При позначенні першої групи знаків для фарб масляних і алкідних, що містять в своєму складі тільки один пігмент, замість слова «фарба» вказують найменування пігменту, наприклад: мумія, білила цинкові і ін.

Для лакофарбових матеріалів без леткого розчинника, водорозчинних, водоемульсійних і порошкових між першою і другою групою знаків наводять індекс: Б – для лаку без леткого розчинника, В – для матеріалів, що розчинні у воді, П – для порошкових фарб, Е – для водоемульсійних фарб, ОД – для органодисперсійних лакофарбових матеріалів. Після цього індексу позначають тире.

Третю групу знаків для ґрунтовок і напівфабрикатних лаків позначають цифрою 0, а для шпаклівок – 00. Між другою і третьою групою знаків ставлять тире (для всіх лакофарбових матеріалів).

В четвертій групі для масляних і алкідних фарб замість порядкового номеру наводять цифру, яка вказує на вид оліфи для виготовлення фарби: 1 – натуральна оліфа, 2 – оліфа оксоль, 3 – гліфталъова оліфа, 4 – пентафталъова оліфа, 5 – комбінована оліфа.

У деяких випадках для уточнення специфічних властивостей лакофарбового покриття після порядкового номеру ставлять буквенний індекс у вигляді однієї або двох прописних букв, наприклад: М – матове, ПМ – напівматове, ПГ – зниженої горючості і ін.

### Приклади позначення лакофарбових матеріалів

Лак БТ-99 – лак бітумний електроізоляційний.

Лак ПФ-283 – лак пентафталъовий для робіт усередині приміщення.

Лак ЕП-730 – лак епоксидний хімічностійкий.

Емаль МЛ-165ПМ зелена – емаль мелаіноалкідна зелена напівматова для фарбування приладів, що експлуатуються в атмосферних умовах.

Емаль НЦ-25 червона – емаль нітроцелюлозна червона для фарбування металевих і дерев'яних виробів, що експлуатуються усередині приміщення.

Фарба МА-025 бежева – фарба масляна густотерта бежева на комбінованій оліфі для робіт усередині приміщення (02 – для робіт усередині приміщення).

Мумія МА-011 світла – мумія світла густотерта на натуральній оліфі для зовнішніх і внутрішніх робіт (01 – для робіт зовні приміщення).

## Матеріалознавство

Фарба ГФ-13 коричнева – фарба алкідна коричнева на гліфтальовій оліфі готова до вживання для зовнішніх робіт.

Білила цинкові МА-22Н – білила цинкові з наповнювачем на оліфі оксоль, готові до вживання для внутрішніх робіт.

Фарба Е-ВА-27АПГ оливкова – фарба водоемульсійна оливкова на полівінілацетатній емульсії для внутрішніх робіт зниженої горючості.

Фарба Е-КЧ-112 сіра – фарба водоемульсійна сіра на бутадіенстирольному латексі для зовнішніх робіт.

Ґрунтовка ФЛ-03Ж жовто-зелена – ґрунтовка масляно-фенольна жовто-зелена для виробів з кольорових металів і сплавів.

Шпаклівка НЦ-007 червоно-коричнева – шпаклівка нітроцелюлозна червоно-коричнева.

Емаль В-ФЛ-149 чорна – емаль фенолформальдегідна водорозчинна чорна.

Емаль Б-ЕП-421 світло-коричнева – емаль епоксидна водостійка без леткого розчинника світло-коричнева.

### ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

**Завдання 1.** Вивчити асортимент, маркування та призначення лакофарбових матеріалів. результати оформити у вигляді таблиці 11.1.

Таблиця 11.1

Характеристика основних видів лакофарбових матеріалів

Вид матеріалу	Маркування	Призначення, умови експлуатації

### Висновки

Матеріалознавство  
**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12**  
**ХІМІЧНІ МАТЕРІАЛИ. КАУЧУКИ, ГУМА**

---

**Мета:** вивчити властивості промислових видів каучуків та гумо-текстильних виробів на їх основі.

**Матеріали:** зразки гумотехнічних виробів, нормативна документація.

**Питання для підготовки з теми та контролю знань студентів**

- Охарактеризуйте хімічний склад каучуків.
- Які властивості мають каучуки загального призначення?
- Як використовуються спеціальні види каучуків.
- Які види гумотехнічних виробів виготовляються у промисловості?

**ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

**Загальна характеристика канчуків та виробів на їх основі**

Каучуки – полімери, що містять в своєму складі подвійні зв'язки або функціональні групи і лінійну будову. В процесі зшивання (вулканізація) каучуки перетворюються на полімери із зшитою сітчастою структурою гуми. Основна маса каучуків перетворюється на гуму. Властивості гуми визначаються типом каучуку.

Основні види каучуків по фізичним властивостям – тверді еластичні продукти з високою відносною пружною деформацією (500-900%). Товарні форми каучуку – згорнуті в рулони листи, гранули, брикети.

За походженням каучуки розділяються на натуральний і синтетичні.

Натуральний каучук одержують з молочного соку тропічного дерева гевеї бразильської. Сік у вигляді латексу витягують підсочкою. Латекс піддають коагуляції (згортанню), підкисляють, промивають водою, просушують і прокатують в листи. Для дезинфекції листи коптять і упаковують. Натуральний каучук має 8 типів і 35 сортів. Найважливіші типи каучуку натурального – рифлений смокед-шит, світлий креп і коричневий креп. Окрім цих типів, виготовляють 5 типів каучуків нижчої якості.

По хімічному складу натуральний каучук – полімер ізопрена стереорегулярної структури. Густина 910÷920 кг/м<sup>3</sup>, морозостійкість – мінус 70°C, теплостійкість – 200°C. В полярних рідинах не розчиняється і не набухає. Розчиняється в бензині і інших неполярних розчинниках.

## Матеріалознавство

Вживання: переробка в гуми, отримання клеїв і лаків, виробництво палива для реактивних двигунів, присадка до змащувальних оливо, виробництво пластмас. За об'ємом світового споживання натуральний каучук складає 30%.

Синтетичний каучук випускається загального і спеціального призначення. Асортимент налічує більше 30 типів, що включають понад 250 марок.

До синтетичних каучуків загального призначення відносяться бутадієнові (СКД, СКБ), бутадієн-стирольні (СКС, СКМС), ізопрени (СКИ), етіленпропіленові (СКЕП, СКЕПТ), хлоропренові (наїрит), бутилкаучук (БК) і ін.

До синтетичних каучуків спеціального призначення належать: бутадієн-нітрільні (СКН), полісульфідні, кремнійорганічні (СКТ), уретанові (СКУ), фторомістки (СКФ) і ін.

### Каучуки загального призначення

Бутадієнові каучуки випускаються стереорегулярні (СКД) і нестереорегулярні (СКБ). Густина  $900\div 920$  кг/м<sup>3</sup>, морозостійкість – мінус 50°C. Міцнішими і зносостійкими є стереорегулярні каучуки СКД. Вони застосовуються для виготовлення шин, транспортних стрічок і інших гумотехнічних виробів.

Каучуки СКБ застосовуються у виробництві технічних і побутових гумових виробів, але мають низьку міцність при розтягуванні і невисоку морозостійкість.

Бутадієн-стирольні каучуки є найважливішими каучуками загального призначення. Густина  $900\div 990$  кг/м<sup>3</sup>. Відрізняються радіаційною стійкістю і кислотостійкістю. Випускаються марок СКС (стирольні) і СКМС (метилстирольні). Наприклад, СКС-10(СКМС 10), СКС-30(СКМС-30) і СКС 50 (СКМС-50), де **цифра** – вміст стиролу або  $\alpha$ -метилстиролу. Після назви марки звичайно ставлять цифри і букви, вказуючі на відмітні особливості сополімерів даного типу. Наприклад, каучук марки СКС-30 АРК, де А – низькотемпературна полімеризація (+5°C), Р – регульована молекулярна маса, К – використання каніфольного емульгатора; каучук марки СКМС-30 АРКМ-27 – оливнонаповнений, що містить 27% оливи.

З підвищенням змісту стиролу збільшується міцність і опір розриву, але зменшується еластичність.

Гуми на основі бутадієн-стирольних каучуків застосовуються у виробництві автомобільних покришок і камер, оливо-, бензо-, світлостійких і газонепроникних гумотехнічних виробів.

Ізопренові синтетичні каучуки (СКИ-30, СКИ-30В) мають високу міцність, еластичність стійкість до старіння, але недостатньо хімічно-стійкі. Їх густина  $910\div 920$  кг/м<sup>3</sup>, температура склування мінус 70°C. Гуми на основі ізопренових

## Матеріалознавство

каучуків застосовуються у виробництві шин, виробів широкого вжитку, транспортних стрічок, ізоляції кабелів і в інших цілях. На основі ізопренових каучуків виготовляють ебоніти.

Етилен-пропіленові каучуки (СКЕП) володіють високою еластичністю і міцністю, озono-, морозо- і теплостійкістю, хімічною стійкістю, відмінними діелектричними характеристиками. Густина канчуків  $850 \div 870 \text{ кг/м}^3$ , морозостійкість – мінус  $70^\circ\text{C}$ .

Вони застосовуються для ізоляції дротів і кабелів, у виробництві хімічностійких шлангів, ущільнювачів і гумотехнічних виробів.

Хлоропреновий каучук (наїріт) відрізняється високою міцністю, еластичністю, оливо-, бензо-, вогне- і теплостійкістю. Має добру хімічну стійкість. До недоліків гум на основі хлоропренових каучуків відноситься недостатня морозостійкість (мінус  $40^\circ\text{C}$ ) і висока густина ( $1200 \div 1240 \text{ кг/м}^3$ ). Випускається у вигляді гранул. Наїріт використовується у виробництві конвеєрних стрічок, ременів, оболонок кабелів, захисних покриттів хімічної апаратури, клеїв.

Бутилкаучук – продукт сополімеризації ізобутилена і невеликої кількості ( $1 \div 5\%$ ) ізопрена. Густина  $920 \text{ кг/м}^3$ . Володіє низькою газопроникністю, високою хімічною стійкістю, світло- і теплостійкістю. Застосовуються у виробництві шин, прогумованих тканин і гумотехнічних виробів, стійких до дії високих температур і агресивних середовищ. Найважливіша область вживання бутилкаучука – виробництво автомобільних камер.

### Каучуки спеціального призначення

Бутадієн-нітрільні каучуки – володіють високими бензо-, оливо-, теплостійкістю (до  $150^\circ\text{C}$ ). Густина  $940 \div 1020 \text{ кг/м}^3$ . Випускаються марок СКН-18, СКН-26, СКН-40, СКН-40Т, СКН-40М і ін., де **цифра** – вміст зв'язаного акрілонітрила, %, Т – підвищена теплостійкість, М – підвищена морозостійкість. Із збільшенням вмісту акрілонітрила підвищується міцність, оливо- і бензостійкість каучуків, але погіршується еластичність і морозостійкість. Застосовуються для виготовлення оливо- і бензостійких гумотехнічних виробів, а також як пластифікаторів у виробництві пластмас.

Полісульфідний каучук (тіокол) випускається в твердому і рідкому стані. Володіє гарною хімічною стійкістю, стійкий до дії озону, кисню, світла, має добру газонепроникність, стабільність при зберіганні. Густина  $1270 \div 1600 \text{ кг/м}^3$ , температура склування мінус  $23 \div 57^\circ\text{C}$ . Використовується для виготовлення герметиків, оливо- і бензостійких ущільнювачів, для гумірування резервуарів для зберігання палива.

## Матеріалознавство

Кремнійорганічні каучуки – (СКТ, СКТФ, СКТФВ, СКТФТ, СКТВ) прозорі желеподібні продукти густиною  $960\div 980$  кг/м<sup>3</sup> і температурою склування мінус 130°C. Мають високу теплостійкість (до  $250\div 300$ °C). По морозостійкості і електроізоляційним властивостям перевершують всі синтетичні каучуки. Застосовуються як електроізоляційний і герметизуючий матеріал, в медичній і авіаційній промисловості, для виготовлення гумотехнічних виробів, що експлуатуються при мінус  $100\div 250$ °C.

Уретанові каучуки (СКУ-7, СКУ-8, СКУ-50, СКУ-ПФ, СКУ-ПФЛ) випускаються тверді і рідкі густиною  $930\div 1260$  кг/м<sup>3</sup>, температура склування мінус 44°C. Вони стійкі до дії олів, випромінювань; гуми на їх основі відрізняються особливою міцністю і опором стиранню. Інтервал робочих температур від мінус 30 до +130 °C. Уретанові каучуки використовуються для виготовлення великих шин, конвеєрних стрічок, амортизаторів, штучної шкіри, підшав взуття, основи килимових виробів.

Фтормісткі каучуки (СКФ-26, СКФ-32, СКФ-260, СКФ-460) відрізняються високою термостійкістю – до +250°C і вище, стійкістю до дії багатьох агресивних середовищ і теплового старіння, гарними механічними характеристиками. Густина  $1800\div 1900$  кг/м<sup>3</sup>. Вони негорючі, стабільні при зберіганні, нетоксичні. Інтервал робочих температур (від мінус 20 до +250°C). Фторкаучуки – каучуки спеціального призначення для виготовлення виробів з високою стійкістю до дії агресивних середовищ і теплостійкістю. З фторкаучуків виготовляють різні ущільнювачі, рукави, шланги і трубки для гарячих агресивних рідин і газів. Важлива область вживання – антикорозійний захист апаратури і деталей, що знаходяться у контакті з агресивними середовищами (90% -вий  $H_2O_2$ , конц.  $HNO_3$  і ін.). На основі фторкаучуків одержують матеріали для ізоляції дротів і кабелів, що експлуатуються при високих температурах.

### Класифікація і властивості гуми

Гума – еластичний матеріал, що утворюється в результаті спеціальної обробки (вулканізації) суміші каучуку, вулканізуючи речовин (агентів) і різних добавок (інгредієнтів). Вулканізація – це процес хімічної взаємодії каучуку з агентами або його перетворення в гуму під дією іонізуючого випромінювання. В якості агентів вулканізації використовується сірка, селен, органічні перекиси, тіурам (органічні сірчисті сполуки). При максимально можливому насиченні каучуку сіркою (біля 30%) утворюється твердий матеріал – ебоніт. Інгредієнти вводять в склад гуми для поліпшення її фізико-хімічних властивостей:

- прискорювачі, або активатори (полісульфіди, оксиди цинку, магнію);  
протистарителі або антиоксиданти (аміни, феноли);

## Матеріалознавство

- пом'якшувальні засоби, або пластифікатори (парафін, вазелін, бітуми, стеаринова кислота, рослинні олії, дибутилфталат тощо, які полегшують переробку гуми, збільшують її еластичність і морозостійкість;
- наповнювачі: активні – (вводять для підвищення механічних властивостей (вуглецева і біла сажа (кремнекислота), цинку діоксид та інші) і неактивні (крейда, тальк, барит, гумовий регенерат) у вигляді порошку або кордної тканини, азбестова тканина, гуми;
- барвники гуми (мінеральні або органічні) використовуються для забарвлення гуми.

Гумі властиві висока еластичність, чому сприяють звивиста (зигзагоподібна) форма молекул каучуку, незначна здатність до стискування, стійкість до стирання і хімічних реагентів, газо- і водонепроникність, хороші електроізоляційні властивості, невелика густина, здатність до великих деформацій при порівняно низьких напругах, причому такі деформації майже повністю зворотні. Недоліком гуми є різко виражена залежність механічних властивостей від температури: при підвищених температурах вона втрачає міцність, а при понижених – стає крихкою (переходить у склоподібний стан); крім того, під дією кисню, озону і інших окиснюючих реагентів гума старіє, тобто стає крихкою і ламкою, покривається мережею тріщин, що обмежує термін її експлуатації.

Гума застосовується в основному для виробництва шин (понад 50%), гумових технічних виробів (близько 22%), кабелів, герметиків, клеїв, одягу, взуття та інші.

У практиці торгівлі класифікують гуми за призначенням, складом, структурою, твердістю, агрегатному стану. В залежності від призначення розрізняють гуми загального і спеціального призначення.

До гум загального призначення відносяться вулканізати натурального, бутадієнового, бутадієн-стирольного, ізопренового, етилен-пропіленового, хлоропренового і деяких інших каучуків.

Гуми загального призначення працюють в інтервалі температур від 50 до 150<sup>0</sup>С. Основні сфери застосування гум загального призначення - виробництво шин, гумотехнічних виробів (конвеєрних стрічок, приводних ременів), гумового взуття і інших побутових виробів.

Спеціальні гуми поділяють на олиобензостійкі, термостійкі, морозостійкі, світлозостійкі, зносостійкі, електротехнічні (електроізоляційні і електропровідні) та інші.



## Матеріалознавство

Теплостійкі гуми – призначені для експлуатації від мінус 60° до +250°С. Основа – етиленпропіленові каучуки, бутилкаучук. Для вищих температур застосовують гуми з основою з кремнійорганічних і фтормістких каучуків.

Морозостійкі гуми – придатні для тривалої експлуатації при температурах нижче мінус 75°С. Основою таких гум є каучуки з низькою температурою склування, наприклад, стереорегулярні бутадієнові, кремнійорганічні. Можуть використовуватися і інші каучуки, але при введенні в суміш пластифікаторів.

Оливо- і бензостійкі гуми, що експлуатуються у контакті з нафтопродуктами, рослинними оліями і ін., одержують з бутадієн-нітрильних, полісульфідних, уретанових, хлоропренових, фтормістких каучуків.

Стійкі до дії різних агресивних середовищ – (кислото-, лугостійкі, озоностійкі, паростійкі і ін.) гуми виготовляють з бутилкаучука, бутадієн-нітрильних, кремнійорганічних, фтормістких, хлоропренових каучуків.

Електропровідні гуми – застосовуються в струмопровідних полімерних покриттях. Використовуються полярні нітрильні каучуки або каучуки загального призначення з великою кількістю наповнювача – електропровідної сажі.

Діелектричні (кабельні) гуми – характеризуються малими діелектричними втратами, стійкістю до дії високих напруг. Ці гуми виготовляють на основі кремнійорганічних, етиленпропіленових і ізопренових каучуків з використанням неорганічних наповнювачів. Основне застосування – ізоляція кабелів.

Радіаційно-стійкі гуми – з яких виготовляють деталі рентгенівських апаратів, захисний одяг і інші вироби. Основа таких гум – фтормісткі, бутадієн-нітрильні, бутадієн-стирольні каучуки; наповнювачі – оксиди свинцю або барію.

Окрім перерахованих гум, розрізняють також вакуумні, вібро-, водо-, вогне-, світлостійкі, оптично активні, фрикційні, медичні, харчові і інші гуми.

За структурою гуми підрозділяються на монолітні і пористі, зокрема губчасті і мікропористі.

За складом – наповнені і ненаповнені (каучуків не менше 95÷98%).

За агрегатним станом – м'які, еластичні, середньої твердості, тверді, високої твердості і жорсткі (ебоніти).

У маркуванні гуми відображається її тип залежно від теплового старіння (Т07, Т10, Т12, Т15, Т17, Т20, Т22, Т25), клас – залежно від набухання після витримки в спеціальній нафтовій рідині (К1, К2...К7), а також інформація про твердість, межі міцності, морозо- і оливостійкості, опору розриву і ін.

### Класифікація і асортимент гумотехнічних виробів

## Матеріалознавство

Сучасна номенклатура гумотехнічних виробів налічує більше 100 тис. найменувань.

Залежно від технологій виготовлення вони підрозділяються на клеєні, формовані, штамповані і литі.

За типом і конструкцією – шинні, камерні, рукавні, протекторні, транспортерні, амортизаційні.

За будовою – безтканинні, з тканинним прошарком, армовані металевими деталями (наприклад, дротом).

За призначенням – ущільнювачі (прокладки, манжети), силові (шестерні, муфти, шарніри), вібро-, звукоізолюючі і протиударні (підкладки, прокладки, гнучкі компенсаційні приставки), фрикційні (диски, колеса), антифрикційні (опори ковзання, катки, протекторні кільця), захисні (антикорозійні обладнання, футеровка), декоративні.

У промисловості використовуються наступні основні види гумотехнічних виробів: шини, транспортні стрічки, приводні паси, гумові рукави, пластини, вироби ущільнювачів, ебонітові вироби. Крім того, випускається цілий ряд гумотехнічних виробів, що використовуються в медичній і інших галузях, а також для побутових цілей. Це рукавички, трубки, протигази, взуття, прогумовані тканини і інші вироби.

Транспортерні стрічки застосовують для переміщення вантажів по горизонталі або при невеликому ухилі на гірських підприємствах, в промисловості будівельних матеріалів, металургії. Вони є без тканинних прокладок, із волоконними наповнювачами та армовані металом, у тому числі металевими канатами. За призначенням вони спеціальні (тепло-, оливо-, морозостійкі, негорючі і харчові) і загального призначення (для температур експлуатації від мінус 45 до + 60°C).

Приводні ремені використовуються для передачі обертального руху привідного шківів на вали машин або механізмів. Залежно від умов експлуатації (передаваної потужності, швидкості, діаметра шківів, спеціальних вимог) вони бувають клинові, плоскі, багатопрофільні, плоско зубчаті, корд-шнуркові і корд-тканинні, приводні, вентиляторні, варіаторні (для зміни швидкості обертання без зміни приводного пристрою). Їх асортимент налічує майже 500 типорозмірів. Їх основні характеристики: діаметр шківів, розміри, напрацювання годин, максимальна швидкість (м/с). Приводні ремені призначені для приводів верстатів, сільськогосподарських машин, двигунів автомобілів.

Гумові рукави призначені для передачі сипких, рідких і газоподібних продуктів під тиском або розрідженням. В залежності від призначення випускаються всмоктуючі (приймальні), викидаючі (напірні), напорно-

## Матеріалознавство

всмоктуючі і пружно-розширювальні (ущільнювачі). Залежно від перекачувальної речовини вони поділяються на типи: бензооливістійкі, для води, повітря, кисню і нейтральних газів, слабких розчинів неорганічних кислот і лугів, сипких і харчових продуктів, паропровідні. Для збільшення міцності і стійкості зминанню рукава армують металевою спіраллю або гофрують. Їх основні характеристики – внутрішній діаметр і максимальний робочий тиск.

Технічна листова гума використовується для виготовлення прокладок, клапанів, ущільнювачів, амортизаторів. Вона випускається в листах або рулонах типів I (без тканинного прошарку) і II (з тканинним прошарком).

Стандартом передбачений випуск пластин загального призначення і спеціальних видів: трансформаторних і для виготовлення виробів, що контактують з харчовими продуктами.

Ущільнювальні з'єднання – призначені для ущільнення (герметизація) рухомих і нерухомих з'єднань. Залежно від конструкції підрозділяються на кільцеві, монтажні і шевронні різних перетинів (прямокутні, квадратні, круглі і ін.). В якості ущільнювачів використовуються також і гумові шнури. Гумовий шнур буває круглого, квадратного і прямокутного перетину, залежно від властивостей та призначення поділяється на 5 типів: кислотолугостійкий, теплостійкий, морозостійкий, оливобензостійкий і харчовий.

Ебонітові вироби випускаються у вигляді пластин, стрижнів, трубок, дисків. Залежно від властивостей вони можуть застосовуватись в агресивних рідинах, електролітах, як електроізоляційний матеріал.

### Практична частина

**Завдання 1** Вивчити класифікацію, склад, властивості та призначення основних видів каучуків.

**1.1** Вивчити види, склад, властивості та призначення каучуків.

Результати оформити у вигляді таблиці 12.1.

Таблиця 12.1

Властивості та застосування основних видів промислових каучуків загального призначення

Назва каучука, марка	Хімічний склад	Властивості, застосування

**Завдання 2** Вивчити склад, класифікацію, властивості та призначення гум.

**2.1** Вивчити властивості та застосування гуми загального та спеціального призначення. Результати оформити у вигляді таблиці 12.2.

Таблиця 12.2

Властивості гуми на основі різних каучуків

Група гуми	Вид гуми за складом каучуків	Властивості гуми			
		Температурна границя експлуатації	Атмосферостійкість	Оливо-стійкість	Інші властивості

**Висновки**

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13**

**Класифікація упаковки. Скляна, металева, дерев'яна тара**

---

**План:**

1. Визначення термінів.
2. Упаковка. Функції упаковки. Стадії життєвого циклу упаковки. Функціональні Ознаки упаковки. Контроль якості упаковки.
3. Пакувальні матеріали. Класифікація пакувальних матеріалів. Вимоги до пакувальних матеріалів. Критерії якості пакувальних матеріалів.
4. Скляна тара. Матеріали, що використовуються для тарного скла. Класифікація і властивості скла. Класифікація пляшок.
5. Металева тара. Класифікація металевої тари. Матеріали для виготовлення металевої тари.
6. Дерев'яна тара. Основні та допоміжні матеріали для виготовлення дерев'яної тари.

## Матеріалознавство ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

### **Основні терміни:**

**Упаковка** – це засіб або комплекс засобів що забезпечує:

- захист продукції від пошкоджень і втрат;
- захист навколишнього середовища від забруднення;
- процес обігу продукції.

**Тара** – основний елемент упаковки, який представляє собою виріб для розміщення продукції.

**Пакувальний матеріал** – це матеріал з якого виробляють упаковку (тару, допоміжні пакувальні засоби) і який забезпечує можливість повторного використання упаковки чи економічного чистого її знищення.

**Допоміжні пакувальні засоби** – це елемент упаковки, який в комплексі з тарою або без неї виконує функцію упаковки.

### **Функції упаковки:**

- захист товару від шкідливого впливу навколишнього середовища;
- захист навколишнього середовища від шкідливої дії товару;
- захист товару від інших товарів;
- забезпечення умов зберігання кількості і якості товарів на шляху їх просування з сфери виробництва в сферу споживання;
- забезпечення необхідних санітарних вимог для запобігання забруднення товарів;
- придання товарам мобільності і створення умов для механізації трудомістких операцій і більш ефективного використання складських і торгівельних площ;
- створення більш сприятливих умов для приймання товарів і зручності кількісного обліку;
- використання тари, як засобу викладки і продажу товарів у торговому залі магазину;
- виконання ролі носія комерційної інформації і торгової реклами.

### **Стадії життєвого циклу упаковки:**

- розробка упаковки;
- упакування;
- транспортування;
- реалізація;
- споживання;
- утилізація.

## Матеріалознавство

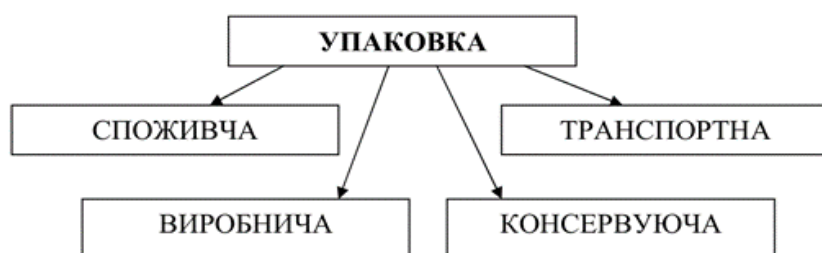


Рисунок 13.1 –  
Функціональні  
ознаки  
упаковки



Рисунок 13.2 – Контроль якості упаковки

## Матеріалознавство



Рисунок 13.3 – Класифікація пакувальних матеріалів

## Матеріалознавство

### *Вимоги до пакувальних матеріалів:*

- збереження товару від шкідливого впливу, пошкоджень, втрат;
- захист навколишнього середовища від забруднення;
- ефективна доставка, транспортування та споживання товару.

### *Критерії якості пакувальних матеріалів:*

- об'єктивно вимірювані (розмір, маса та ін.);
- об'єктивно спостережувані, але невимірювані (здатність до склеювання, закручування та ін.);
- суб'єктивно сприймаємі, але невимірювані (колір, якість, друк та ін.)



Рисунок 13.4– Матеріали для виробництва скла



## Матеріалознавство



Рисунок 13.5 – Процеси які відбуваються при виробництві скломаси



Рисунок 13.6 – Властивості скла

**За станом розчинності водою скло класифікують на п'ять класів:**

- 1 клас – скло, яке не розчиняється водою (кварцове);
- 2 клас – стійке скло (хіміко-лабораторне скло, окремі види тарного скла);
- 3 клас – тверде апаратне скло (більшість тарного скла та промислове скло);

## Матеріалознавство

4 клас – м'яке апаратне скло;

5 клас – нестійке скло (легко розчиняється водою).

Таблиця 13.1

### Класифікація пляшок залежно від виду рідини для розливу

Номер групи пляшок	Найменування рідини, що розливається	Вміст CO <sub>2</sub> , %	тиск CO <sub>2</sub> , кПа
1	Шампанське, вина ігристі	0,55	(350) і більше
2	Вина газовані	0,37	(200) і більше
	Винні напої газовані	0,30	(150) і більше
3	Безалкогольні напої сильногазовані	більше 0,40 (230)	
4	Пиво	0,30	(150) і більше
	Безалкогольні напої середньогазовані	0,30 – 0,40	(150 – 230)
	Безалкогольні напої слабогазовані	0,20 – 0,30	(65 – 150)
5	Харчові рідини, які не містять CO <sub>2</sub> : соки, спирт, горілка, лікєро-горілчані вироби, коньяк, винні напої, рослинна олія		

#### ***Скляну тару поділяють на:***

- вузькогорлу (внутрішній діаметр горла до 30 мм);
- широкогорлу (внутрішній діаметр горла більше 30 мм).

#### ***Класифікація металевої тари:***

– за функціональним призначенням металева тара поділяється на транспортну, споживчу, виробничу, спеціальну. До транспортної відносять ящики, бочки, барабани, фляги, каністри, контейнери, піддони; споживчої – пляшки, туби, банки, коробки; виробничої – ящики, піддони, лотки, контейнери; спеціальної – збірна, штампована, комбінована тара;

– за матеріалом виготовлення тара буває: із чорної лакованої жерсті, із білої жерсті гарячого лудження, із білої жерсті електrolітичного лудження, із хромованої лакованої жерсті, із алюмінію і його сплавів, комбінована;

– за особливостями конструкції металева тара буває прямокутна, циліндрична, кругла і фігурна;

– за особливостями технології виробництва – збірна і суцільна (штампована);

– за станом захисного покриття – нелакована, лакована і літографована.

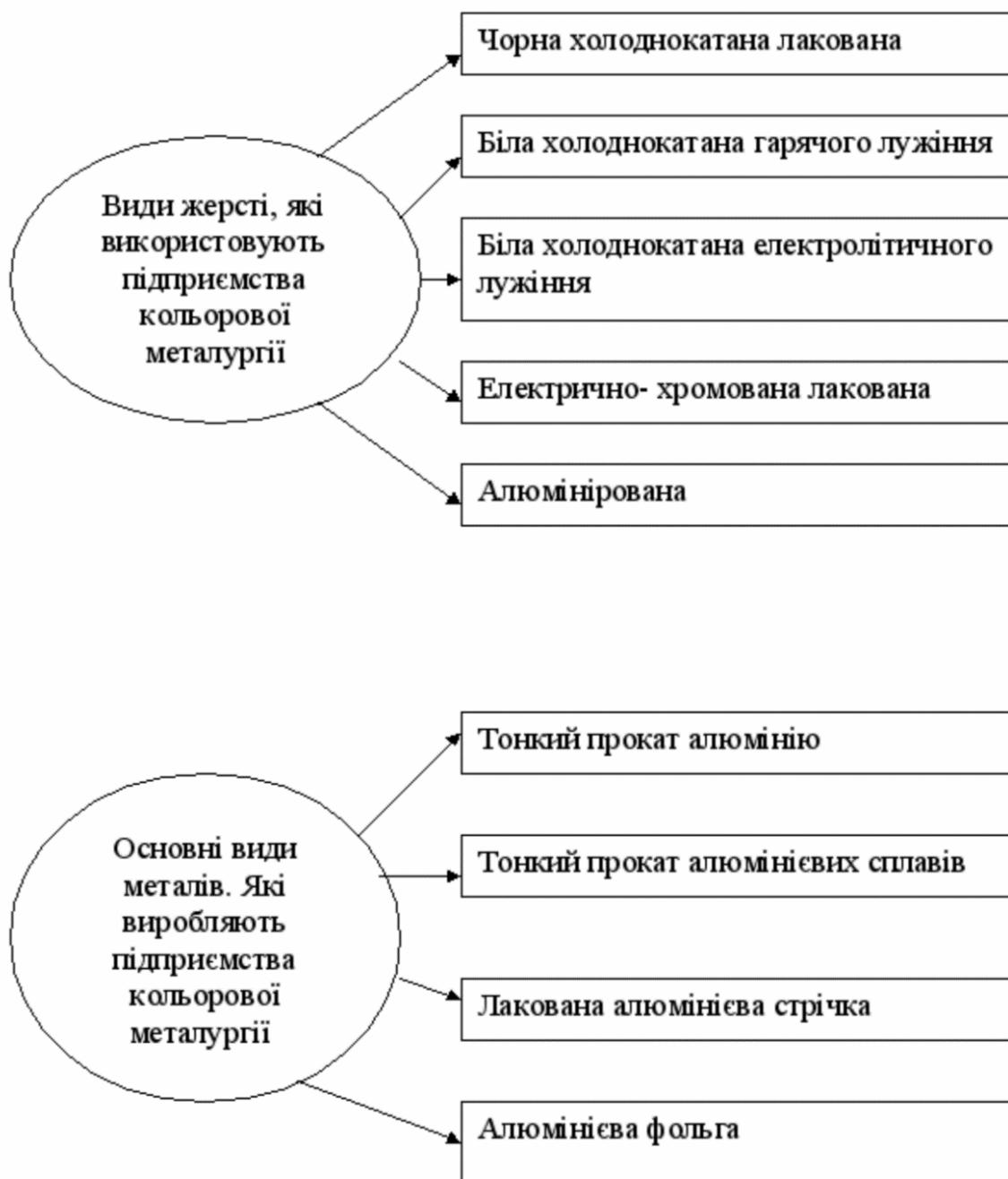


Рисунок 13. 7 – Матеріали для виготовлення металевої тари

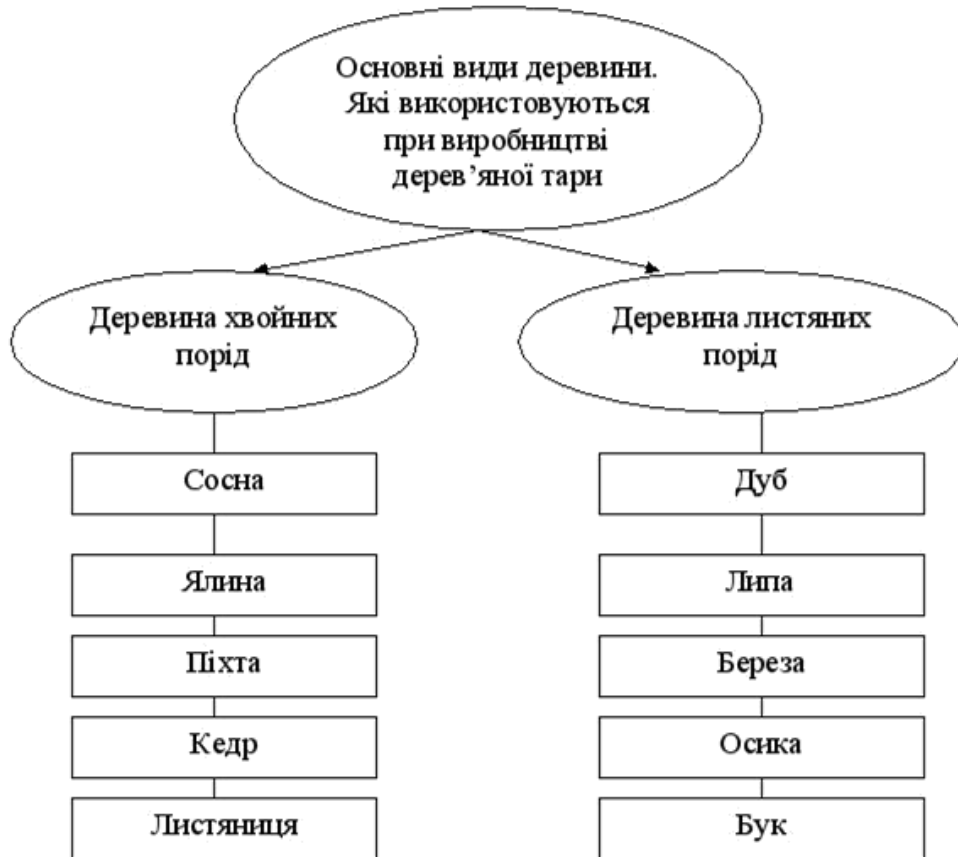
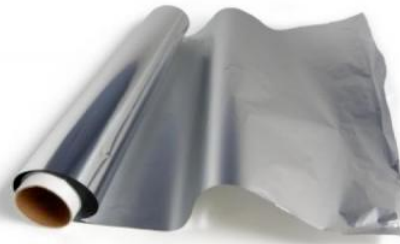


Рисунок 13.8 – Види деревини для виробництва дерев'яної тари



Рисунок 13.9 – Пакувальні матеріали для виробництва дерев'яної тари



Рисунок 13.10 – Асортимент фанери для виробництва дерев'яної тари

*Допоміжні матеріали*, які використовуються при виробництві дерев'яної тари:

- цвяхи;
- скоби;
- кутники;
- клей;
- проволока;
- шурупи;
- стальна стрічка.

### ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

1. Навести приклади застосування картону, фанери, деревини для пакування продуктів або напівфабрикатів на харчовому виробництві.

2. Навести приклади використання металевої тари для пакування твердих і рідких харчових продуктів.

### Висновки

## Матеріалознавство

### КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Визначення понять «упаковка», «тара», «пакувальний матеріал», «допоміжні пакувальні засоби».
2. Функції та контроль якості упаковки.
3. Класифікація пакувальних матеріалів, вимоги до їх якості.
4. Характеристика скляної тари та матеріалів для її виготовлення.
5. Характеристика металевої тари та матеріалів для її виготовлення.
6. Характеристика дерев'яної тари та сировини для її виготовлення.

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 14

#### Паперові і картонні пакувальні матеріали

---

##### План:

1. Основні види паперу.
2. Класифікація пакувальних матеріалів для виготовлення картонної упаковки.
3. Характеристика основних видів картону.
4. Допоміжні пакувальні засоби для картонної тари.
5. Характеристика пергаменту як пакувального матеріалу.

#### ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

*Папір і картон* – це листові матеріали, які складаються переважно із рослинних волокон, зв'язаних між собою силами поверхневого зчеплення. Крім рослинних волокон, у паперових матеріалах можуть міститися клейкі речовини, мінеральні наповнювачі, хімічні і натуральні волокна, пігменти та барвники.

*Основні види паперу*, що використовуються для виробництва тари:

- типографський (білизна, хороше сприйняття друку),
- обгортковий (висока міцність та гнучкість, стійкість до проникнення вологи, олій та жирів),
- пергамент та підпергамент (висока міцність, в'язкість, напівпрозорість, водо- та жиростійкість),
- пергаментний папір (жиростійкість та здатність не пропускати ароматичні речовини).

Уся *макулатура* згідно з ДСТУ 3500-97 поділяється на три групи:

- група А (високої якості),
- група Б (середньої якості),

## Матеріалознавство

– група В (низької якості).

Макулатура кожної групи залежно від складу, джерел надходження, кольору і здатності до розпускання поділяється на марки.

**Пакувальні матеріали**, які використовуються для виготовлення картонної упаковки, можна **класифікувати** за кількома основними ознаками:

- призначення (мета застосування пакувального матеріалу);
- походження (джерело отримання, природа матеріалу);
- стан і конфігурація (стан і будова пакувального матеріалу);
- технологія (способи, ступінь і особливості оброблення);
- декор (колір, фактура, текстура, оброблення, зовнішнє оформлення).



Рисунок 14.1 Основні види картону для виготовлення картонної тари

**Картон пакувальний** виготовляють із чистої целюлози або з добавкою макулатури. Його зручніше класифікувати з виділенням кінцевого застосування і пов'язаної з ним переробки, ніж за видом використаного волокна (вихідна целюлоза або макулатура). У Міжнародній торговій практиці частіше використовують таку класифікацію пакувального картону:

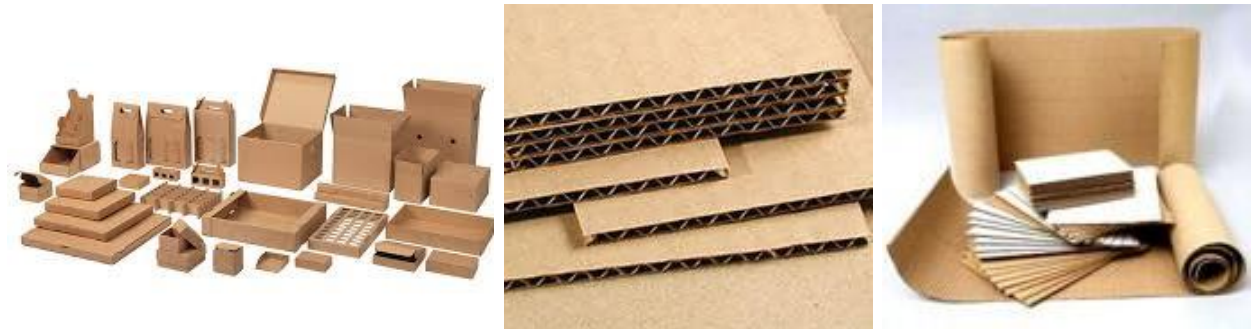
– картон з біленої целюлози (SBS, SBB) виготовляється зі 100 %-во біленої целюлози та використовується для високоякісної упаковки харчових продуктів і товарів;

– картон для складних коробок (FBB) може вироблятися із суміші первинних волокон целюлози. Він має більш високі, порівняно з іншими видами,

## Матеріалознавство

міцнісні характеристики. Цей клас включає картон крейдований, крейдований з білим верхнім шаром та інші різновиди.

– макулатурний картон (WLS) має багатоцільове призначення. Розповсюджена німецька назва цього картону — дуплекс — найбільш точно відображає ідею появи такого класу пакувального картону. WLS (white lines clipboard) означає, що цей картон з білим верхнім шаром.



**Картон коробковий** одно- і двошарового формування:

- хромовий – крейдований або не крейдований із білої целюлози;
- хром-ерзац – крейдований і некрейдований із біленої і небіленої целюлози, деревинної маси і макулатури;
- коробковий – із небіленої целюлози, деревинної маси і макулатури.

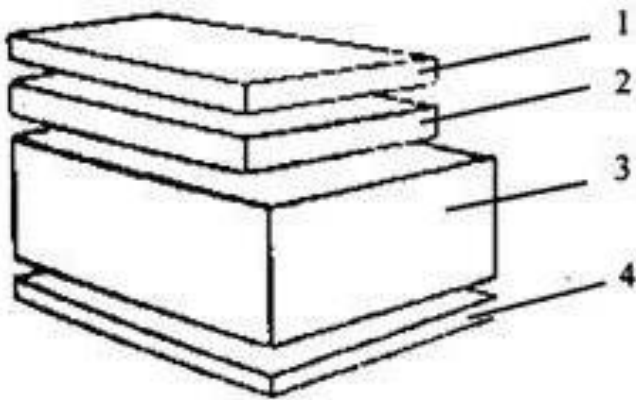


Рисунок 14.2 – Структура картону типу «хром-ерзац»:

1 – крейдовані шари (1 або декілька); 2 – верхній шар (білена або небілена целюлоза, деревинна маса, знебарвлена макулатура); 3 – середні шари (товстий шар із дешевої сировини); 4 – нижні шари (один або кілька шарів якісної сировини)

**Коробковий картон для виготовлення упаковки повинен мати:**

- добре сполучення крейдованого покриття з картоном і шарів між собою;
- мінімальну скручуваність картону, який лежить у стопі;
- добрі друковані властивості і якісне закріплення фарб;
- достатню здатність до лакування навіть невеликою кількістю лаку; – відповідну ступінь відносної вологості в дозволених межах.



## Матеріалознавство

**Ламінований і каширований картон.** Для ламінування картонних пакувальних матеріалів використовують:

- поліетилентерефталат,
- полібутилентерефталат,
- поліамід.

Теплостійкість цих матеріалів складає 200 – 255°C. Вони характеризуються відносно високою азото-, кисне-, паро- і ароматонепроникністю. Поліпропілен також часто використовують для ламінування картону, але такий картон застосовують лише для готових для споживання продуктів, розігрівання яких не проводиться у мікрохвильових печах.

Основою для ламінування служить картон масою 160 – 500 г/м<sup>2</sup>. Основними недоліками каширування є порівняно низька швидкість нанесення покриття.

Перевага екструзійного методу нанесення покриття полягає у стабільності і безперервності регулювання процесу. Покриття, нанесені екструзійним методом із розплавів високополімерних матеріалів, мають високу міцність, ударну в'язкість, опір проколюванню, стійкість до зношення, високу термостійкість, волого- і жиронепроникність, добрі термоізоляційні властивості, високий опір зминанню, що дає змогу з успіхом використовувати покриття у виробництві картонних ящиків.

*Способом екструзійного нашарування* випускаються комбіновані пакувальні матеріали на основі картону, полімерів і фольги переважно трьох типів:

- тип 1 – із шарами ПЕ (12—20 мкм)//картон (250—350 г/см<sup>2</sup>) // ПЕ (26-50 мкм);
- тип 2 – із шарами: ПЕ (12—20 мкм)//картон (250—350 г/см<sup>2</sup>) // ПЕ (18—25 мкм) // алюміній (6,5—9 мкм) // ПЕ (26—50 мкм);
- тип 3 – із шарами ПЕ (12—20 мкм) // картон (250—350 г/см<sup>2</sup>) // ПЕ (18-25 мкм)//алюміній (6,5—7 мкм) // адгезив-співполімер етилену з акриловою кислотою або іономер (5—12 мкм) // ПЕ (26—50 мкм).

**Гофрований картон** вважається самим розповсюдженим, надійним і ефективним матеріалом для транспортної тари. Він придатний для багаторазового використання.

Характерна ознака гофрокартону – наявність хвилястого шару.

*До переваг гофрокартону* і транспортної упаковки із нього належать:

- висока міцність при стискуванні;

## Матеріалознавство

- стійкість до дії ударних і вібраційних навантажень;
- висока стійкість до вологи і жиру;
- можливість штабелювання гофроящиків і відповідно ефективного об'ємів транспортних засобів:
  - простота маніпуляцій при упакованні і розпакуванні продукції;
  - нижчі транспортні витрати за рахунок полегшеної тари;
  - універсальність, що дає змогу отримувати оптимальний матеріал упаковки з різними типами гофру;
  - можливість комбінування з іншими матеріалами (папером, ПЕ, фольгою тощо);
  - можливість повторного використання гофротари;
  - проста утилізація і повторна переробка при використанні відпрацьованої упаковки, як вторинної сировини.

Гофрований картон отримують способом склеювання одного чи декількох шарів гофрованого паперу (флютінга) з одним або кількома шарами плоского картону (крафт-лайнера або тест-лайнера). Гофрований картон належить до анізотропних матеріалів, які мають неоднакові в різних напрямках властивості. Він має достатню жорсткість, а також амортизаційні властивості, завдяки яким його використовують для виготовлення зручної і легкої упаковки. Плоскі (зовнішні і внутрішні) шари фіксують стан гофрів, функціонують на стискання, розрив і опір продавленню.

*За числом шарів гофрований картон поділяють на такі типи:*

- Д – двошаровий картон, що складається із плоского і гофрованого шарів;
- Т – тришаровий картон, що складається із двох плоских і одного гофрованого шарів;
- П – п'ятишаровий картон, що складається із трьох плоских і двох гофрованих шарів.



Рисунок

14.3 – Допоміжні пакувальні засоби для картонної тари

## Матеріалознавство

**Пергамент** – різновид паперу. Справжній рослинний пергамент, як правило білого кольору, виготовлений з чистої целюлози яку піддають процесу пергаментизації.



Рисунок 14.4 – Властивості пергаменту



### ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

1. Навести приклади (не менше 2-х) використання картону для пакування упаковки продуктів або напівфабрикатів на харчовому виробництві.
2. Навести приклади використання пергаменту у процесі виготовлення і пакування готових харчових продуктів.

### Висновки

### КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Основні види паперу для виробництва упаковки.
2. За якими ознаками класифікують пакувальні матеріали для виготовлення картонної упаковки?
3. Які основні види картону використовують для виготовлення картонної тари?
4. З яких шарів складається картон типу «хром-ерзац»?
5. Які речовини використовують для ламінування картонних пакувальних матеріалів?
6. Типи гофрокартону, його переваги.
7. Допоміжні пакувальні засоби для картонної тари.
- 8 Охарактеризуйте властивості пергаменту як пакувального матеріалу.

Матеріалознавство  
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 15  
Полімерні пакувальні матеріали

---

**План:**

1. Основні види полімерів для виготовлення полімерної тари і упаковки.
2. Характеристика поліетилену як пакувального матеріалу.
3. Характеристика поліпропілену як пакувального матеріалу.
4. Характеристика полівінілхлориду.
5. Характеристика полістиролу.
6. Поліетилентерефталат як пакувальний матеріал.
7. Характеристика целофану.
8. Контроль якості полімерної тари.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Полімерна тара і пакувальні матеріали виготовляються з таких полімерів:

- поліетилен;
- поліпропілен;
- полівінілхлорид;
- полістирол;
- поліетилентерефталат та ін.



Рисунок 15.1 –  
Властивості поліпропілену



## Матеріалознавство

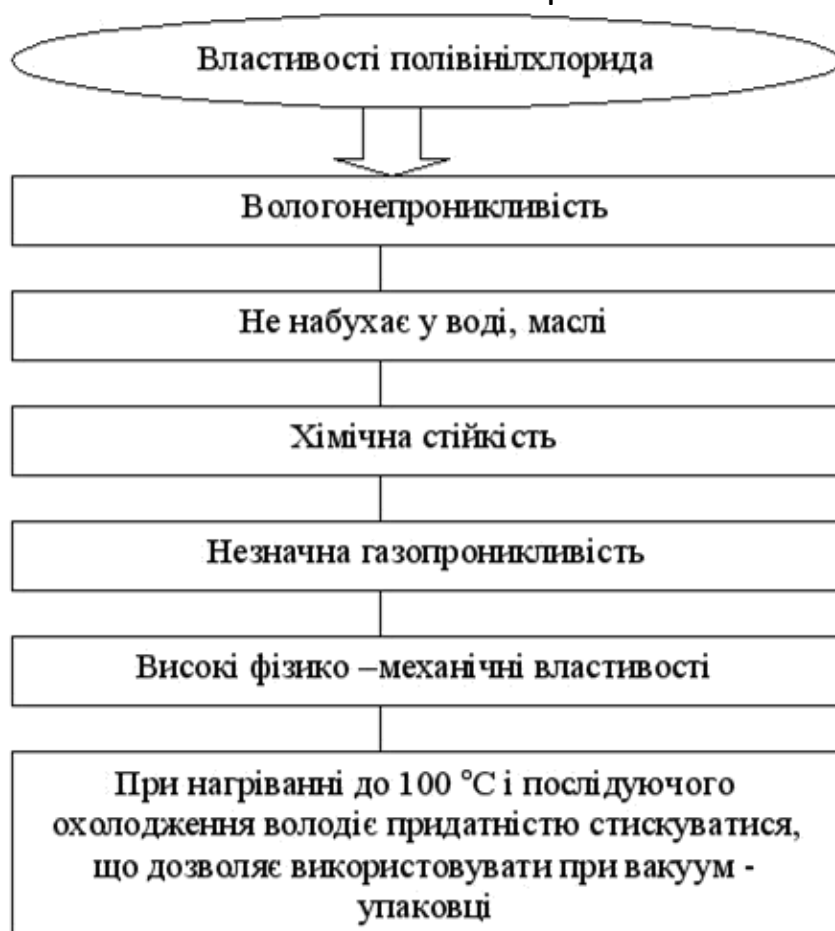


Рисунок 15.2 –  
Властивості  
полівінілхлориду



Рисунок 15.3 – Властивості полістиролу

# Матеріалознавство

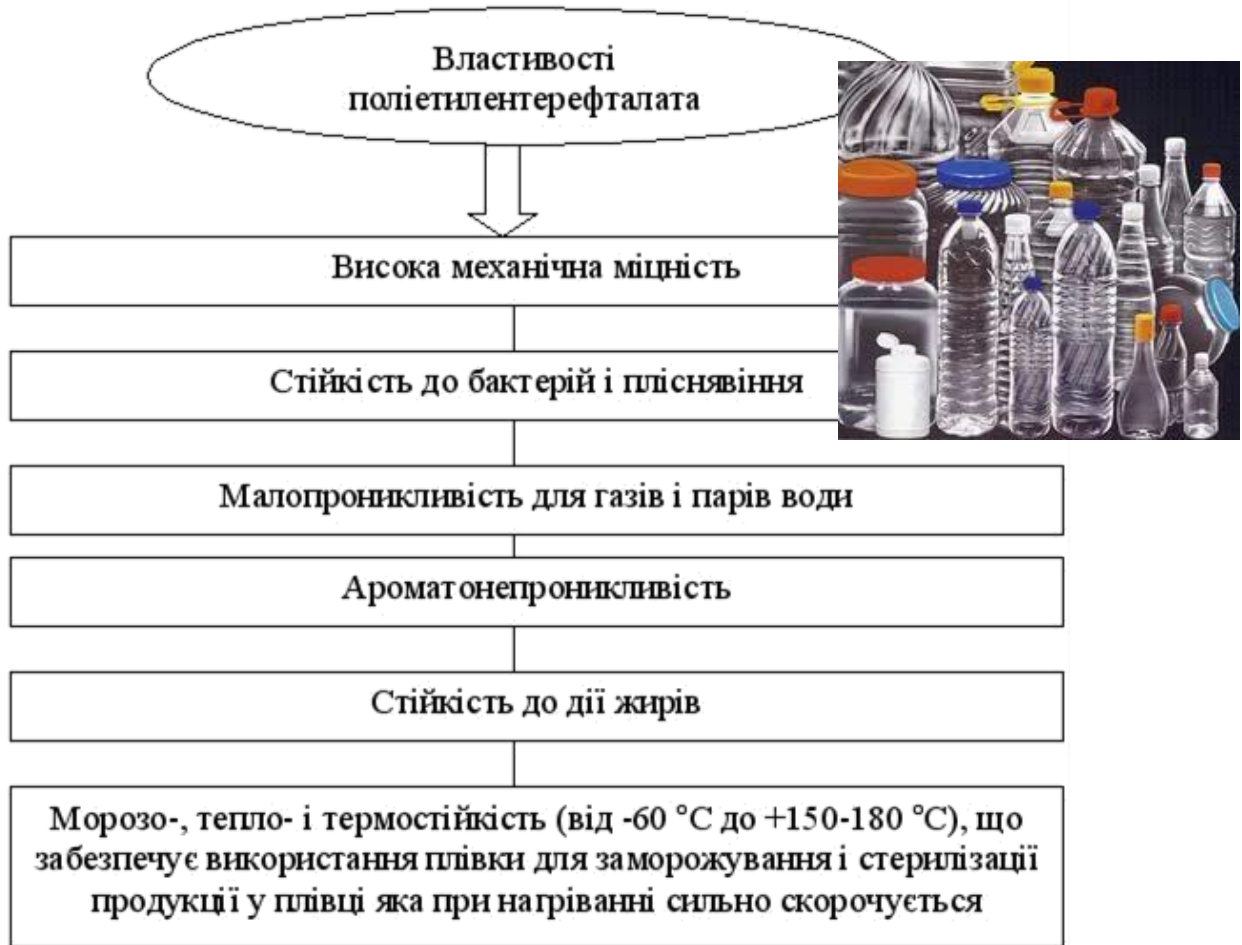


Рисунок 15.4 – Властивості поліетилентерeftалата



Рисунок 15.5 – Властивості целофану



Рисунок 15.6 – Недоліки целофану

## Матеріалознавство ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

1. Навести приклади (не менше 2-х) використання *упаковки* продуктів або напівфабрикатів з основних видів полімерів на харчовому виробництві.

2. Навести приклади (не менше 2-х) використання *тари* продуктів або напівфабрикатів з основних видів полімерів на харчовому виробництві.

### Висновки

### КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які полімери використовуються в якості сировини для виготовлення полімерних пакувальних матеріалів і тари?

2. Охарактеризуйте пакувальні матеріали на основі поліетилену.

3. Охарактеризуйте властивості поліпропілену.

4. Охарактеризуйте пакувальні матеріали на основі полівінілхлориду.

5. Властивості полістиролу і поліетилентерефталату (ПЕТФ).

6. Які властивості і недоліки целофану як пакувального матеріалу?

**Матеріалознавство**  
**Рекомендована література**  
**Базова**

1. Матеріалознавство та матеріали у харчовій промисловості: підручник / В.А. Косенко, Н.Ф. Кущевська та ін. К.: Університет «Україна», 2017. 298 с.
2. Попович В.В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Підручник. Львів: «Світ», 2006. 305 с.
3. Попович В., Голубець В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Суми: Університетська книга, 2002. 60 с.
4. Большаков В. І. Прикладне матеріалознавство. Дніпропетровськ: РВА Дніпро. –VAL. 2000. 290 с.
5. Большаков В. І., Береза О. Ю. Матеріалознавство. Підручник. – Львів: Новий світ, 2008. 216 с.
6. Городжа А. Д., Добровольский О. Г., Лемешко В. О. Матеріалознавство та електроматеріали. Навчальний посібник. –К: КНУБА., 2006. 304 с.
7. Добровольський О. Г. Матеріалознавство та матеріали у машинобудуванні. Навчальний посібник. –К. КНУБА., 2014. 168 с.
8. Хільчевський В. В. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. К.: Либідь. 2002. 326 с.
9. Бялік О. М. Металознавство. К.: Політехніка, 2001. –384 с.
10. Карпинос Д. М., Тучинский Л. Й.. Композиционные материалы в технике. К.: Техника, 1985. 152 с.
11. Косенко В. А. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство: Навчальний посібник. К.: Університет «Україна», 2012. 250 с.
12. Тищенко Г.П., Бурмістр М.В. Корозія і захист від корозії в харчовій промисловості. Підручник. Дніпропетровськ: УДХТУ, 2002. 620 с.
13. Соколенко А.І. Пакувальні матеріали та їх фізико-хімічні властивості. Підручник. Київ: «Кондор», 2015. 396 с.
14. Сирохман І.В. Товарознавство пакувальних матеріалів і тари [Текст] / І.В.Сирохман – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 616 с.
15. Шредер В.Л., Пилипенко С.Ф. Упаковка из картона [Текст] / В.Л.Шредер – К.: «Упаковка», 2004. – 560 с.
16. Сирохман І.В., Завгородня В.М., Демкевич Л.І. „Тара і упакування продовольчих товарів. Львів: Видавництво ЛКА, 2001. 546 с.
17. Завгородня В.М., Сирохман І.В. „Товарознавство пакувальних матеріалів”. Львів: Коопосвіта Видавництво ЛКА, 2003. 215 с.
18. Товарознавство пакувальних матеріалів і тари: Навчально-методичний посібник для студентів заочно-дистанційної форми навчання для напрямку 0503 – «Торгівля» / Козлов А.П. – Днепропетровск: ДУЭП, 2006. – 135 с.



### Допоміжна

19. Криль Я.А. Матеріалознавство: Тлумачний словник. –Львів. «Новий Світ2000», 2011. 432 с.
20. Арзамасов Б. Н. Конструкционные материалы. Справочник. М.: Машиностроение, 2001. 687 с.
21. Супрунчук В. К., Островский Э. В. Конструкционные материалы и покрытия в продовольственном машиностроении: Справочник. М.: Машиностроение, 1984. 328 с.
22. Металловедение и термическая обработка стали: Справочник. Под ред. Бернштейна М. Л., Рахштадта А. Г., М. –Металлургия, 1983. –352 с.
23. Быков Ю.А. Структура и свойства конструкционных наноматериалов. Справочник. Изд-во: Машиностроение, 2010. 220 с.
24. Авдеева А. В. Коррозия в пищевых производствах и способы защиты. –М.: Пищевая промышленность, 1972. –275 с.
25. Збожна О.М. Основи технології. Навчальний посібник. – Тернопіль: Карт-бланш, 2002.– 486 с.