

The image is a microscopic view of plant tissue, likely a cross-section of a stem or root. It shows various cellular structures, including large, rounded cells and smaller, more densely packed cells. A prominent feature is a large, circular structure in the center, which appears to be a vascular bundle or a similar specialized tissue. The overall color is a mix of light and dark green, with some purple and blue hues in the background.

**А. М. ВЛАСЕНКО**

**ВСТУП  
ДО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**А. М. Власенко**

## **ВСТУП ДО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА**

Вінниця  
ВНТУ  
2017

УДК 621.7

ББК 34.2

В58

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 9 від 30.04.2015 р.)

Рецензенти:

**С. Й. Ткаченко**, доктор технічних наук, професор (ВНТУ)

**В. І. Савуляк**, доктор технічних наук, професор (ВНТУ)

**І. П. Паламарчук**, доктор технічних наук, професор (ВДАУ)

**Власенко, А. М.**

В58 Вступ до матеріалознавства, : навчальний посібник / А. М. Власенко. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 74 с.

Навчальний посібник присвячений висвітленню основних відомостей про властивості конструктивних матеріалів, з яких виготовляють деталі машин, що зазнають силових та теплових навантажень, які є не лише заміниками металів, а й самостійними, іноді навіть незамінними. Навчальний матеріал поданий як поєднання текстів та ілюстрацій, розподілених на кроки.

Посібник призначений для студентів, які вивчають інженерні спеціальності у енергетиці та інших галузях, може бути корисним для студентів коледжів і технікумів, учнів професійно-технічних училищ, які опановують робітничі професії.

УДК 621.7

ББК 34.2

## З М І С Т

<b>ПЕРЕДМОВА</b> .....	4
<b>Частина 1 КОНСТРУКТИВНІ МАТЕРІАЛИ</b> .....	5
<i>Змістовий модуль 1</i> .....	5
<b>1 НЕМЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ</b> .....	5
1.1 Основні властивості матеріалів ( <i>навчальний елемент 1</i> ).....	5
1.2 Деревина ( <i>навчальний елемент 2</i> ).....	9
1.3 Пластичні маси ( <i>навчальний елемент 3</i> ).....	12
1.4 Гума ( <i>навчальний елемент 4</i> ).....	16
1.5 Бетон і залізобетон ( <i>навчальний елемент 5</i> ).....	20
1.6 Композитні матеріали ( <i>навчальний елемент 6</i> ).....	24
1.7 Наноматеріали ( <i>навчальний елемент 7</i> ).....	27
<b>2 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ</b> .....	30
2.1 Вогнетривкі матеріали ( <i>навчальний елемент 8</i> ).....	30
2.2 Теплоізоляційні матеріали ( <i>навчальний елемент 9</i> ).....	34
2.4 Абразивні матеріали ( <i>навчальний елемент 11</i> ).....	42
2.5 Скло ( <i>навчальний елемент 12</i> ).....	45
<i>Тести першого модуля</i> .....	48
<b>Частина 2 СПЕЦІАЛЬНІ СТАЛІ ТА СПЛАВИ</b> .....	52
<i>Змістовий модуль 2</i> .....	52
<b>3 ТЕПЛОТЕХНІЧНІ СПЛАВИ</b> .....	52
3.1 Жаростійкі сплави ( <i>навчальний елемент 13</i> ).....	52
3.2 Жароміцні сплави ( <i>навчальний елемент 14</i> ).....	55
3.3 Котлотурбінні сплави ( <i>навчальний елемент 15</i> ).....	57
<b>4 СТАЛІ МАШИНОБУДІВНІ</b> .....	60
4.1 Конструкційні сталі ( <i>навчальний елемент 16</i> ).....	60
4.2 Сталі і сплави спеціального призначення.....	63
4.3 Корозійностійкі сталі ( <i>навчальний елемент 18</i> ).....	66
<i>Тести другого модуля</i> .....	70
Література.....	73

## ПЕРЕДМОВА

Посібник “Вступ до матеріалознавства” розроблений відповідно до Освітньо-професійної програми (ОПП) для студентів спеціальностей “Теплоенергетика”. Він призначений для самостійного вивчення дисципліни в умовах кредитно-модульної організації навчального процесу, збільшення частки часу для самостійної підготовки студентів, яка стає одним із головних засобів навчання, потребує відповідного навчально-методичного забезпечення.

В посібнику стисло викладено навчальний матеріал дисципліни, що поділений на змістові модулі і навчальні елементи, питання та вправи для самоконтролю з кожного модульного блоку. Це дає можливість при вивченні курсу матеріалознавства отримати загальні відомості про конкретні матеріали, також набути навички розв’язання задач з матеріалознавства та визначення властивостей матеріалів.

Посібник покликаний сформувані у майбутнього спеціаліста достатні знання основ матеріалознавства, технології їх виробництва, мати уявлення про сучасні способи виготовлення заготовок, а відтак і готових виробів – деталей з необхідними експлуатаційними характеристиками.

Текст підручника проілюстрований великою кількістю рисунків і схем, поданих здебільшого у спрощеному вигляді, що повинно сприяти кращому розумінню і засвоєнню основ матеріалознавства. Щоб підвищити можливості зорової системи учня використовуються, так звані, піктограми, які дозволяють покращувати сприймання інформації, а також дозволить швидко запам’ятовувати навіть нелогічні формули, важкі терміни.

В основу посібника покладені концептуальні підходи та керівні принципи модульної методології Міжнародної організації праці (МОП), які можуть органічно функціонувати в дистанційній освіті. Відповідно до цієї методології навчальний матеріал для вивчення дисципліни зібраний у спеціальні дидактичні розділи, які отримали назву “навчальні елементи”. З методичного і педагогічного погляду це спеціально розроблені навчальні розділи, що містять текстовий та ілюстративний матеріал, спрямований на засвоєння вмінь та знань. Навчальний елемент вміщує нетрадиційно упорядковану текстову та ілюстративну інформацію стосовно однієї конкретної теми і містить у собі все те, що викладач розповів би студентам на лекції для досягнення поставленої мети навчання.

Цілі навчального елемента сформульовані коротко, точно і визначають суть навчання. Це своєрідний схематичний план змісту навчального елемента. Від повноти поставлення цілей залежить правильний розподіл навчального матеріалу на кроки та побудова контрольних запитань самоперевірки вивченого. Іншою мовою, навчальний елемент розроблений таким чином, щоб студенти при переході на дистанційне навчання могли самостійно вчитися у власному темпі.

## Частина 1 КОНСТРУКТИВНІ МАТЕРІАЛИ

### Змістовий модуль 1

Конструктивні матеріали – це матеріали, з яких виготовляють деталі машин та конструкцій, що зазнають силових навантажень. Визначальними характеристиками конструкційних матеріалів є їх механічні властивості, що і вирізняє їх від інших технічних матеріалів.

## 1 НЕМЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ

Неметалеві матеріали застосовуються не як замітники металів, а як самостійні, іноді навіть незамінні матеріали. Окремі матеріали мають високу механічну міцність, термічну та хімічну стійкість, мають високі електроізоляційні характеристики, оптичну прозорість тощо. Особливо слід зазначити технологічність неметалевих матеріалів.

### 1.1 Основні властивості матеріалів (навчальний елемент 1)

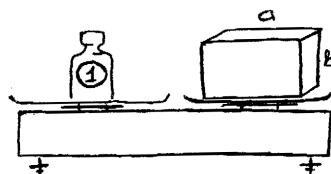
#### Цілі

Засвоївши даний розділ, Ви володітиме інформацією щодо:

- визначення основних властивостей матеріалів;
- основних властивостей матеріалів;
- висновків про придатність неметалевих матеріалів для виготовлення деталей.

#### а) фізичні властивості

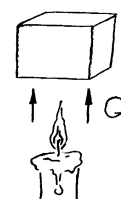
1. Густина – є фізичною характеристикою будь-якої речовини, з якої складається тіло. Для випадку однорідних тіл густина визначається як відношення маси тіла до об'єму, який воно займає.



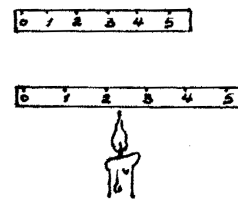
2. Теплопровідність – здатність матеріалу передавати крізь товщу тепловий потік, який виникає внаслідок різниці температур на протилежних поверхнях.



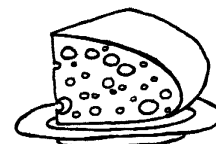
3. Теплоємність – кількість теплоти, яку необхідно підвести до тіла, щоб підвищити його температуру на 1 °C.



4. Термічне розширення – властивість матеріалу змінювати розміри при нагріванні.



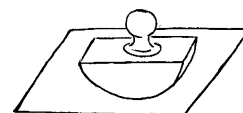
5. Пористість – ступінь заповнення об'єму матеріалу порами (малі лунки в матеріалі, які заповнені повітрям чи водою).



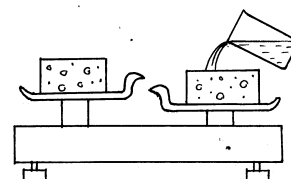
6. Водопроникність – властивість матеріалу пропускати через себе воду під тиском.



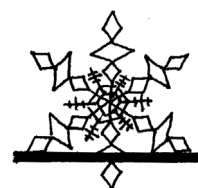
7. Водопоглинання – властивість матеріалу поглинати і утримувати в своїх порах воду.



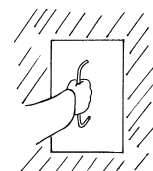
8. Вологість – ступінь зволоження матеріалу (відношення кількості вологи, яка знаходиться в матеріалі, до маси матеріалу в абсолютно сухому стані).



9. Морозостійкість – властивість матеріалу в насиченому водою стані витримувати багаторазове число циклів змінного заморожування і відтаювання без видимих ознак руйнування.



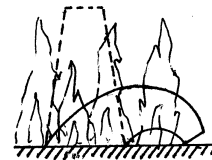
10. Адгезія – опір відриву чи зсуву матеріалу, який нанесений на поверхню.



11. Вогнестійкість – властивість матеріалу витримувати без руйнування вплив високих температур (полум'я)

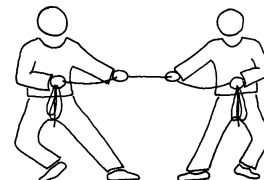


12. Вогнетривкість – температура повного розм'якшення вогнетривів, яку визначають нагріванням стандартного зразка – тригранної піраміди.

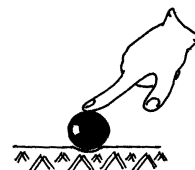


б) механічні властивості

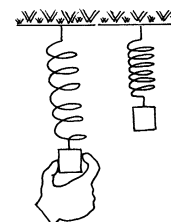
13. Міцність – властивість виробу, не руйнуючись, чинити опір дії прикладених зовнішніх сил.



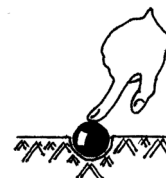
14. Твердість – властивість матеріалу чинити опір проникненню в нього інших твердих тіл.



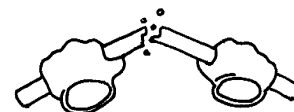
15. Пружність – властивість матеріалу відновлювати свою форму після закінчення дії прикладених зовнішніх сил.



16. Пластичність – властивість матеріалу деформуватися без руйнування при дії зовнішніх сил.

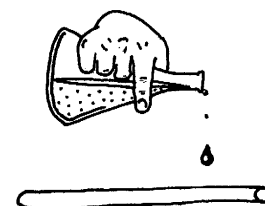


17. Крихкість – властивість матеріалу руйнуватися одразу після дії прикладених до нього сил, не показуючи жодних ознак деформації.



в) хімічні властивості

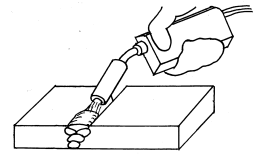
18. Хімічна стійкість – властивість матеріалів витримувати руйнуючу дію кислот, лугів, розчинених у воді солей і газів, органічних розчинників.



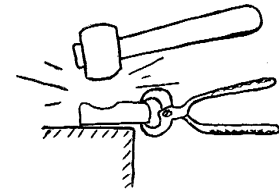


г) технологічні властивості

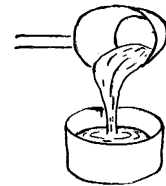
19. Зварюваність – властивість матеріалу створювати міцні нероз’ємні з’єднання.



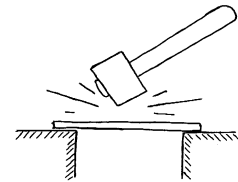
20. Ковкість – здатність металів піддаватися обробці тиском.



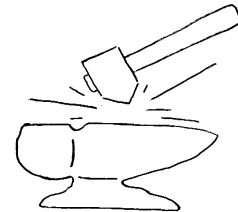
21. Рідкотекучість – властивість матеріалу легко розтікатися і заповнювати повністю форму для лиття.



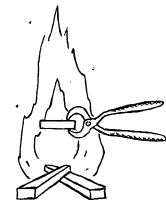
22. В’язкість – властивість матеріалу чинити опір динамічним навантаженням.



23. Витривалість – властивість металу чинити опір руйнуванню (пошкодженню) від дії сил, які періодично повторюються.



24. Гартування – це процес надання виробам твердості нагріванням до високої температури та наступним швидким охолодженням.



*Контрольні питання*

1. Які матеріали називаються конструкційними?
2. На які види поділяються властивості матеріалів?
3. Яка визначальна характеристика конструкційних матеріалів?
4. Назвіть основні види неметалевих матеріалів.
5. Перечисліть основні механічні властивості конструкційних матеріалів.
6. Перечисліть основні технологічні властивості конструкційних матеріалів.
7. Чим відрізняються фізичні властивості від механічних?
8. Назвіть основні види технологічних властивостей.
9. Як називається відношення маси матеріалу до його об’єму?

## 1.2 Деревина (навчальний елемент 2)

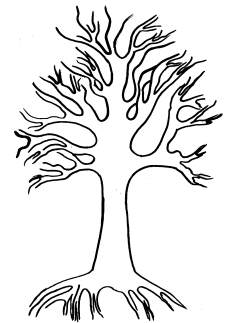
*Деревина є універсальним матеріалом надзвичайно великого значення. За різноманітністю застосування в техніці, промисловості і в побуті з деревиною не може зрівнятися ні один інший матеріал.*

### **Цілі**

Засвоївши даний розділ, Ви навчитесь робити висновки про:

- структуру деревини;
- основні види і властивості деревини;
- основні вироби з дерева;
- основні породи дерев.

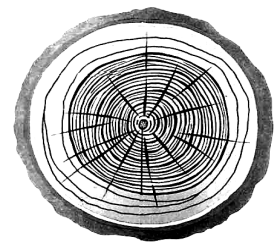
1. Дерево, що росте, складається з трьох основних частин: кореня, стовбура, крони. Стовбур є найціннішою частиною дерева і містить основну масу деревини. Деревиною називають матеріал отриманий від зрубаного і очищеного від віток і кори дерева.



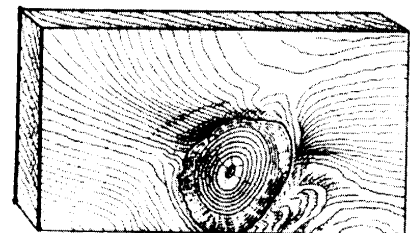
2. На поперечному розрізі дерева видно концентричні річні верстви (щорічний приріст деревини). Річні верстви наростають щороку від центра до периферії, наймолодшим шаром є зовнішній. За кожний рік життя дерева утворюється одне кільце. За кількістю річних верств на торцевому зрізі можна визначити вік дерева.



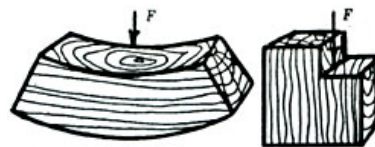
3. Від центра в радіальному напрямку відходять осередні промені. Вони складаються з окремих клітин, тому при висиханні утворюються тріщини. Деякі породи дерев (липа, береза) таких променів майже не мають.



4. Текстура – це характерний малюнок, який утворюється на розрізах деревини при перерізі її волокон, річних верств та серцевинних променів. Що складніша будова деревини й різноманітніше поєднання окремих елементів, то багатша її текстура. Деревину з красивою текстурою застосовують для оздоблення приміщень, меблів тощо.



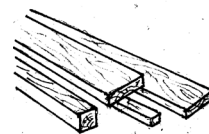
5. Міцність деревини при розтягненні впоперек волокон дуже мала і в середньому становить двадцяту частину краю міцності при розтягненні вздовж волокон.



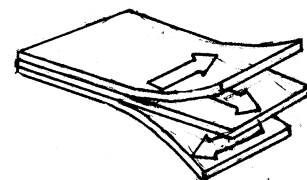
6. Властивості деревини характеризуються її зовнішнім виглядом, густиною, відношенням до води, теплопровідністю тощо. Зовнішній вигляд деревини визначається її кольором, блиском, текстурою і макроструктурою.



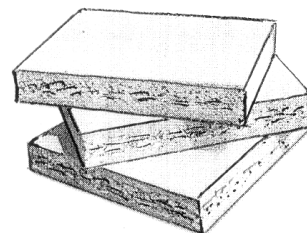
7. Піломатеріали отримують шляхом розкроювання колод. Вони поділяються за формою і розмірами поперечного перерізу. Найбільше практичне значення пиломатеріалів мають дошки, бруски і бруси.



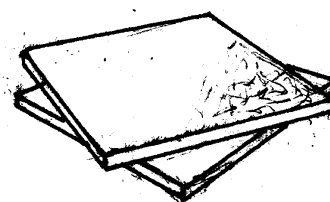
8. Фанера – багатошаровий матеріал, виготовлений шляхом склеювання спеціально підготовленого шпона. Для збільшення міцності фанери шари шпона накладаються так, щоб волокна деревини були перпендикулярні до попереднього листа.



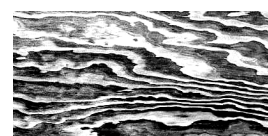
9. Деревостружкові плити (ДСП, МДФ). Цей композиційний матеріал отримують шляхом гарячого пресування деревних частинок, змішаних зі сполучним матеріалом. Ці плити широко використовують у виробництві меблів, будівництві та інших галузях.



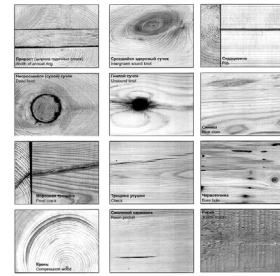
10. Деревоволокнисті плити (ДВП). Це шаруватий матеріал, виготовлений у процесі гарячого пресування сформованої маси з деревних волокон. Деревоволокнисті плити застосовують у будівництві, у виробництві меблів, суднобудуванні та інших галузях промисловості, у ролі конструкційного, ізоляційного і оздоблювального матеріалу.



11. Шпон – це широка рівна стружка деревини, яку отримують шляхом лущення або стругання. Товщина листів шпона – від 0,55 до 1,5 мм. Шпон є напівфабрикатом для виготовлення фанери з красивою текстурою, використовують як облицювальний матеріал.



12. Породи дерев поділяються на хвойні і листяні. Деревина хвойних порід завдяки її фізичним, механічним і технічним властивостям широко застосовується в будівництві та меблевій промисловості. Своїми якостями, особливостями і різноманітністю застосування деревина листяних порід значно перевищує деревину хвойних порід.



13. Серед великої кількості порід дерев, крім промислових, розрізняють ще такі цінні, як горіх, червоне дерево, груша, амарант, палісандр та ін., що йдуть на виготовлення художніх виробів, музичних інструментів і оздоблення високоякісних меблів.



### *Контрольні питання*

1. Які є різновиди деревних матеріалів?
2. Назвіть приклади використання деревини.
3. Назвіть основні властивості деревини.
4. Яку структуру має дерево при поперечному розрізі?
5. Назвіть породи дерев, що застосовуються у виробництві.
6. Які є різновиди пиломатеріалів?
7. Що таке річні верстви?
8. Як називається характерний малюнок на розрізах деревини?
9. Що таке фанера?

### 1.3 Пластичні маси (навчальний елемент 3)

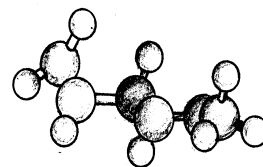
Пластична маса – матеріал, основою якого є полімер, що перебуває під час формування виробу у в'язкому або пластичному стані, а під час експлуатації – в склоподібному чи кристалічному стані.

#### Цілі

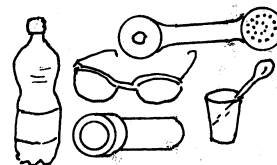
Засвоївши даний розділ, Ви вмітимете робити висновки про:

- структуру, склад і способи отримання пластмаси;
- основні види і властивості пластичних мас;
- найпоширеніші вироби із пластмаси.

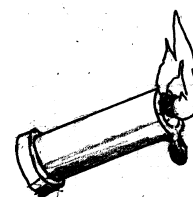
1. Пластичні маси, пластмаси або пластики – це штучно створені матеріали, які одержані на основі природних і синтетичних високомолекулярних сполук (полімерів), здатних внаслідок своєї пластичності набувати тієї чи іншої форми під дією теплоти і тиску і стійко зберігати її. Крім полімерів до складу пластмас можуть входити також наповнювачі і інші компоненти, які надають їм необхідні властивості.



2. Пластмаси – відносно новий вид матеріалів і має важливі позитивні властивості такі як: мала густина при значній міцності, стійкість до різних агресивних середовищ, низька теплопровідність, хороша декоративність, можливість надавати деталям різноманітної форми литтям, пресуванням, видавлюванням. При чому процес виготовлення їх піддається повній механізації і автоматизації. Пластмаси добре зварюються і склеюються.

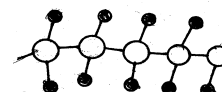


3. До недоліків пластмас відноситься те, що вони горючі. Більшість пластмас втрачають твердість уже при температурі 150 градусів, а деякі уже – при 60 °С. Маючи високу початкову міцність, пластмаси під дією довгочасних навантажень навіть при нормальній температурі проявляють повзучість. Тривалий вплив сонячних променів в поєднанні з киснем повітря може викликати “старіння” пластмас.

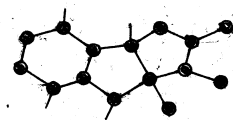


4. Головною складовою пластмас є полімери. Полімери – це сполуки, в молекулах яких однакові ланки повторюються багато разів. До складу молекули полімеру можуть входити сотні і тисячі атомів. Розміщення атомів в молекулі полімеру може бути:

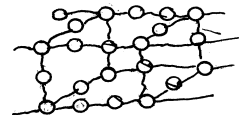
- лінійним;



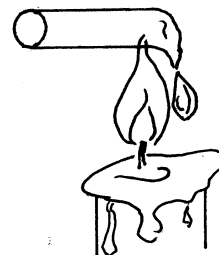
- розгалуженим;



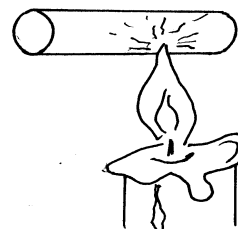
- просторовим (сітчастим).



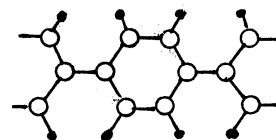
5. Залежно від лінійної або сітчастої структури пластмаси поділяють на термопластичні і термореактивні. Термопластичні матеріали (термопластики), в яких структура лінійна, мають здатність від нагрівання розм'якшуватися, плавиться і вдруге йти на вироби.



6. Термореактивні матеріали – пластмаси зі сітчастою просторовою структурою. Вони здатні формуватися у вироби від нагрівання тільки один раз на певній стадії процесу; вдруге вони не розм'якшуються, не плавляться і не переробляються на вироби методами нагрівання.



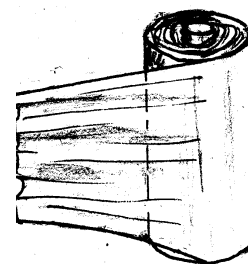
7. Пластмаси створюють як високомолекулярні сполуки полімерної будови, з мономерів, які виробляють з нафти, газів й кам'яного вугілля. Щоб отримати полімери, застосовують реакції полімеризації. Полімеризація – це синтез молекул мономеру в довгі ланцюжкоподібні великі молекули полімеру.



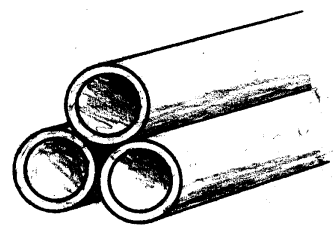
8. До складу більшості пластмас входять: наповнювачі, пластифікатори, затверджувачі, стабілізатори, барвники, антистатики, пороутворювачі – сумарною кількістю 20...80% за об'ємом.



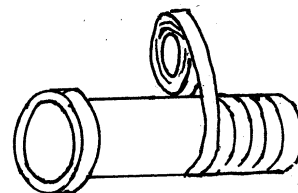
9. Поліетилен – продукт полімеризації етилену ( $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ ). Він твердий, ледь прозорий, жирний на дотик матеріал. З нього виготовляють деталі сантехніки, труби, плівку, пляшки, електроізоляційний матеріал. Крім того, поліетилен використовують як покриття на металах для захисту від корозії, Недоліком його є схильність до старіння.



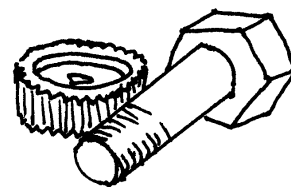
10. Поліпропілен – продукт полімеризації пропілену  $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2$ . Він є добрим діелектриком. Поліпропілен водотривкий і хімічно стійкий матеріал. З нього виготовляють плівки, листи, труби для гарячої води, пляшки для зберігання питної води, ємності для зберігання агресивних рідин, волокна тощо. Головний недолік поліпропілену – погана морозостійкість.



11. Полівінілхлорид (ПХВ) – полімер хлористого вінілу  $\text{CH}_2\text{-CHCl}$  (непластифікований ПХВ – вініпласт). Твердий матеріал білого або жовтого кольору. З нього виготовляють труби і листовий матеріал, литі вироби. Пластифікований ПХВ застосовують для виготовлення плівки, штучної шкіри, прокладок, ізоляції проводів і кабелю, липкої ізоляційної стрічки тощо.



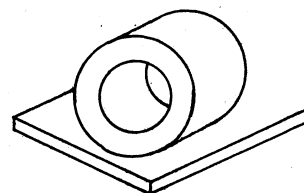
12. Поліформальдегід – це білий непрозорий матеріал. Добувають його з альдегіду мурашиної кислоти – формальдегіду  $\text{HCHO}$ . Він тривкий до дії багатьох хімічних речовин, має високі діелектричні властивості. З нього виготовляють водопровідну арматуру, деталі з різьбою, малі шестерні, листи, труби та ін.



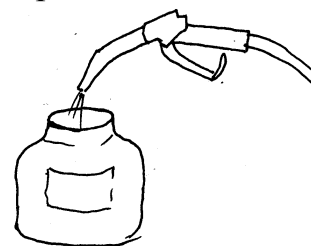
13. Поліаміди – це група пластмас, у складі молекул яких є амідна ( $\text{-NH-CO-}$ ) група. До поліамідів належать капрон, нейлон, енант та ін. Вони тривкі до бензину, лугів.



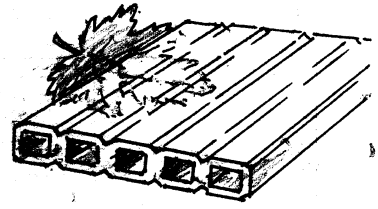
14. Фторопласт – напівпрозорий рогоподібний матеріал. Його тривкість вища за інших полімерів. Температура плавлення  $210\text{ }^\circ\text{C}$ . Виготовляють мембрани, діафрагми, прокладки.



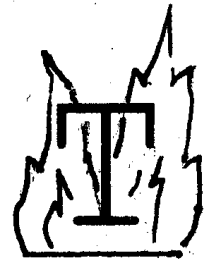
15. Вініпласт – непластифікований твердий полівінілхлорид. Вініласти мають високу механічну міцність і пружність. З нього виготовляють труби для подачі агресивних газів, рідин і води, деталі вентиляційних установок, теплообмінників, захисні покриття для металевих ємностей. Недоліками цього матеріалу є низька міцність та робоча температура.



16. Полікарбонат – це полімерний пластик, який широко використовується в будівництві завдяки ряду переваг перед іншими будівельними матеріалами. У промисловому виробництві полікарбонат використовується для виготовлення корпусних частин обладнання, Zenітних ліхтарів, душових кабін. У сільському господарстві – для скління теплиць і тваринницьких комплексів.



17. Термореактивні пластмаси виготовляють переважно на основі синтетичних смол. Крім полімеру до складу термореактивних пластмас входять зміцнювальні та деякі інші компоненти. Термореактивні пластмаси мають вищу теплостійкість, нерозчинність і стабільність властивостей в робочому інтервалі температур. Найпоширенішими синтетичними полімерами для термореактивних пластмас є різні смоли, наприклад, епоксидні смоли.



18. Епоксидні смоли – продукти поліконденсації епіхлоргідрину з дифенілпропіленом. Вони термопластичні, але після додавання до їх складу затверджувачів стають термореактивними. Ці смоли мають добрі адгезійні, механічні й діелектричні властивості. З них виготовляють клеї, лаки, шаруваті пластмаси.



### *Контрольні питання*

1. З яких компонентів виготовляють пластмаси?
2. Що складає основу термопластичних і термореактивних пластмас?
3. Яка відмінність фізико-механічних властивостей термопластичних і термореактивних пластмас?
4. Що таке полімеризація?
5. Назвіть недоліки пластмас.
6. Назвіть основні види пластмас.
7. Що входить до складу більшості пластмас?



## 1.4 Гума (навчальний елемент 4)

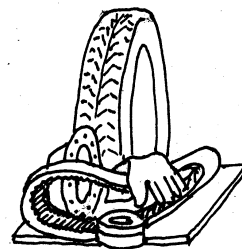
Гумою називають високомолекулярні матеріали, що отримують при вулканізації суміші натурального або синтетичного каучуку з різними наповнювачами.

### Цілі

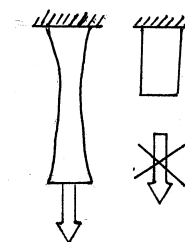
Засвоївши даний розділ, Ви навчитесь робити висновки про:

- визначення поняття гуми та її властивості;
- суть отримання гуми з каучуку, її склад;
- інгредієнти та види гуми;
- основні властивості гуми;
- основні вироби з гуми.

1. Гума є штучним матеріалом і має ряд дуже важливих, специфічних технічних властивостей: високу еластичність; низьку тепло- і звукопровідність; відносно добру механічну міцність; високий опір стиранню. Як конструкційний матеріал гума має високу еластичність, тобто здатність відновлювати свою попередню форму після припинення дії сил, що викликають деформацію.



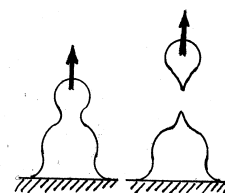
2. Гума – продукт вулканізації композицій на основі каучуку; матеріал, необхідний для виробництва різноманітних виробів – від автомобільних шин до хірургічних рукавичок. Головна перевага гуми – її еластичність. Вона може розтягуватися й гнутися, а потім набути початкову форму. Гума може бути як і м'яка, так і тверда.



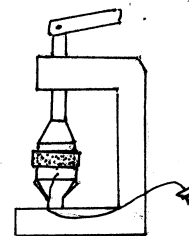
3. Основою гумової суміші є каучук. Натуральний каучук добувають із молокоподібного соку (латексу) каучукового дерева. Синтетичний каучук отримують, полімеризуючи ізопрен, а синтетичний бутадієновий каучук – полімеризуючи бутадієн. Молекула каучуку має лінійну структуру, являє собою довгі нитки, переплутані, скручені, в клубки.



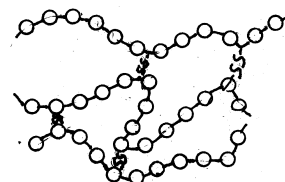
4. Сирий каучук має низьку міцність і дуже липкий, особливо при нагріванні, а на морозі стає твердим і ламким. Тому для виготовлення різних виробів у сирому вигляді каучук непридатний. Свої цінні властивості каучук набуває при вулканізації.



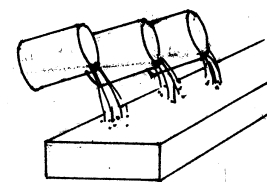
5. Вулканізація – процес перетворення сирого каучуку на гуму шляхом нагрівання його з сіркою. При процесі вулканізації з каучуку, сірки і наповнювача (переважно сажі) виготовляють суміш, якою наповнюють відповідні форми і під тиском нагрівають. При 130 – 160 °С каучук взаємодіє з сіркою і його молекули зв'язуються між собою атомами сірки..



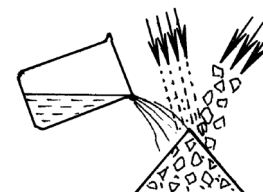
6. Процес вулканізації за допомогою сірки полягає в нагріванні гумової суміші до певної температури і витримці її при цій температурі протягом часу, достатнього для того, щоб атоми сірки з'єднались в деяких місцях молекули каучуку, утворивши гуму – матеріал з просторовою структурою молекул.



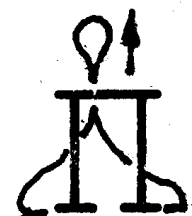
7. Інґредієнтами гумової суміші є: прискорювачі вулканізації (скорочують час вулканізації), активатори вулканізації, які підвищують межу міцності при розтягу. Крім того, до гуми входять різні домішки (наповнювачі, пластифікатори, прискорювачі та антиоксиданти процесу вулканізації тощо).



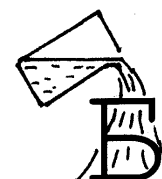
8. Наповнювачі – активні (підсилюючі) та неактивні (інертні). Активні наповнювачі (вуглецева та біла сажа, кремнієва кислота, оксид цинку й інші) підвищують механічні властивості гум: міцність, опір стиранню, твердість. Неактивні наповнювачі (крейда, тальк, барит) вводяться для здешевлення вартості гуми.



9. Пластифікатори (розм'якшувачі) – парафін, каніфоль, стеаринова кислота, рослинні олії – сприяють рівномірному розподілу компонентів у суміші, полегшують формування виробів й підвищують їх морозостійкість. Кількість розм'якшувачів становить 10...30% від маси каучуку.



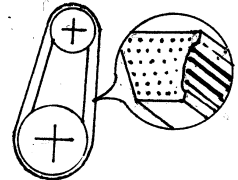
10. Барвники (мінеральні й органічні) надають гумовим виробам бажаного кольору. Деякі фарбуючі речовини поглинають сонячний спектр і цим захищають гуму від світлового старіння.



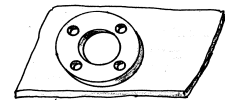
11. Гуми схильні до старіння, яке спостерігається при зберіганні та експлуатації гумових виробів під впливом світла, тепла, кисню та озону. Старіння по-різному позначається на механічних властивостях гум. Температура і тривалість старіння зазвичай зумовлюють зниження міцності та підвищення твердості різних гум



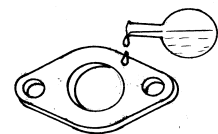
12. Для відповідальних гумових виробів (шини, шланги високого тиску, привідні паси) використовують волоконні зміцнювачі зі синтетичних волокон або металевих дротів. Для більшої міцності до гуми додають тканини або металеві дроти (при виробництві автомобільних шин, пасків та інших виробів). Для більшої міцності до гуми додають тканини або металеві дроти (при виробництві автомобільних шин).



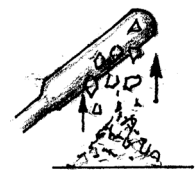
13. При монтажі санітарно-технічних пристроїв застосовують головним чином листову гуму товщиною 3 – 6 мм. З неї виготовляють прокладки для фланцевих з'єднань трубопроводів.



14. Існує морозостійка, маслобензостійка, кислото-лугостійка та теплостійка гума. До складу останньої, крім звичайних складових, входить азбест, вона здатна зберігати свої властивості при температурі до 90° у повітряному середовищі, і до 140° – у середовищі водяної пари. Для більш високих температур (до 250°) застосовують гуму на кремній-органічній основі.



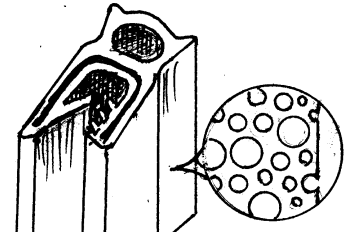
15. Ебоніт – високо-вулканізуючий каучук з великим вмістом сірки (до 50%), він темно-коричневого або чорного кольору, хімічно інертний, має високі електроізоляційні властивості. На відміну від м'якої гуми, ебоніт не проявляє високої еластичності при звичайній температурі і нагадує тверду пластмасу. Використовують ебоніт як ізолятор в електротехніці.



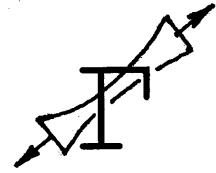
16. Понад половину виробленої гуми витрачають на автомобільні шини. Крім шин, із гуми виробляють взуття, одяг, рукавички, труби, прокладки клапанів для герметизації трубопроводів і двигунів. Гума знайшла дуже широке застосування у промисловості. Сучасна гумотехнічна промисловість виготовляє з гуми приблизно 40 тисяч найменувань виробів.



17. Мікропориста гума (пориста гума) призначена для ущільнення різного виду з'єднань і використання як: амортизаторів; звуко- і термоізолюючої прокладки; прокладки для тари та ін.



18. Для гумових виробів характерні: висока стійкість до стирання, газо- і водонепроникність, хімічна стійкість, електроізоляційні властивості та незначна питома вага. Застосовують гуму для демпфірування, ущільнення і герметизації, хімічного захисту машин, трубопроводів, шлангів для покришок і камер коліс. Номенклатура гумових виробів налічує понад 40000 найменувань.



### *Контрольні питання*

1. Назвіть основні властивості гуми.
2. Яка головна перевага гуми?
3. Що таке процес вулканізації гуми?
4. Які речовини крім каучуку вводять в гуму?
5. Що є інгредієнтами гумової суміші?
6. Що додають до гуми для більшої міцності?
7. Як називається процес нагрівання гуми із сіркою?
8. При якій температурі відбувається вулканізація гуми?
9. На які вироби більше 50% витрачають гуму?
10. Як називається гума в якій вміст сірки до 50%?

## 1.5 Бетон і залізобетон (навчальний елемент 5)

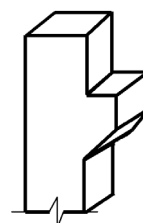
Бетон – один із основних будівельних матеріалів. З бетону виготовляють різноманітні за формою і розмірами бетонні та залізобетонні вироби і конструкції.

### Цілі

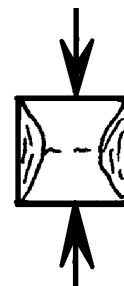
Закінчивши вивчення даного розділу, Ви володітиме інформацією щодо:

- структури, складу і способів отримання бетону;
- уявлення про залізобетон;
- поняття про залізобетон з попередньо напруженою арматурою;
- видів залізобетонних конструкцій.

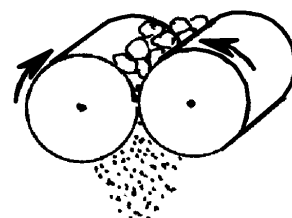
1. Бетон – штучний кам'яний будівельний матеріал, що являє собою затверділу суміш в'язучої речовини, води, дрібного (піску) і крупного (щебеню або гравію) заповнювача. До затвердіння вказану суміш називають бетонною сумішшю.



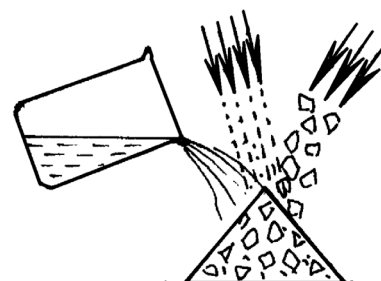
2. Основні властивості бетону (його міцність, морозостійкість, водонепроникність, довговічність тощо), які визначаються умовами експлуатації конструкцій, зведених з цього бетону, залежать від якості складових та від технології приготування бетону.



3. Портландцемент – гідравлічна в'язуча речовина, що отримується шляхом сумісного, тонкого помелу клінкеру – (продукту випалення до спікання 1480 °С однорідної, певного складу природної чи сировинної суміші).

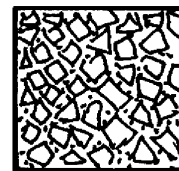


4. Портландцемент як в'язучу речовину використовують при виготовленні цементних розчинів і бетонів. Дрібним заповнювачем слугує природний або штучний пісок, крупним – щебінь або гравій. Для розчинення бетону використовують питну водопровідну воду.

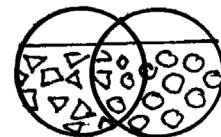


Внаслідок хімічної взаємодії в'язучої речовини та води утворюється клеєподібне тісто, яке обволікає тонким шаром зерна дрібного та крупного заповнювача, з часом твердне і зв'язує їх, перетворюючи бетонну суміш у міцний моноліт – бетон.

5. Заповнювачі (пісок, щебінь або гравій) займають до 80–85% об'єму бетону і утворюють його жорсткий каркас, що перешкоджає усадці. Якість заповнювачів чинить значний вплив на склад та властивості бетону.



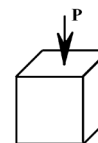
6. Природні піски, що утворилися в результаті природного руйнування гірських порід, поділяються на гірські та річкові. Зерна гірських пісків менш круглясті. Дроблений пісок одержують методом подрібнення гірських порід. Форма зерен дробленого піску повинна наближатися до кубічної.



7. Крупні заповнювачі для важких бетонів виготовляють із гірських порід. Як крупний заповнювач використовують щебінь та гравій. В залежності від крупності зерен щебінь класифікують за чотирьома фракціями: 5...10, 10...20, 20...40 та 40...70 мм.

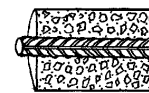


8. Міцність бетону характеризується маркою, яку встановлюють за границею міцності при стиску кубічних зразків. Міцність бетону залежить від активності цементу, водоцементного відношення, якості заповнювачів, ступеня ущільнення бетонної суміші, строків та умов тверднення.

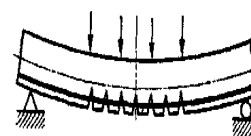


9. Жаростійкість – це здатність бетону тривалий час витримувати дію високих температур, наприклад при експлуатації теплових агрегатів, без істотного зменшення міцності. Інтенсивні деструктивні процеси при нагріванні бетону йдуть при температурі більшій 200 °С. Нагрівання в інтервалі 200...400 °С приводить до поступового зниження міцності цементного каменю і бетону через дегідратацію, в основному, гідроалюмінатів, а також розпаду і перекристалізації.

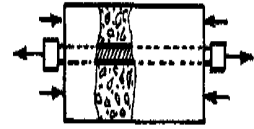
10. У залізобетоні поєднуються властивості двох матеріалів – бетону й арматурної сталі. Бетон чинить значний опір на стиск, а сталеві арматури, навпаки, дуже добре сприймає розтягуювальні напруги. Тому арматура і бетон так розміщені, щоб бетон сприймав стискальні, а сталь – розтягуювальні напруги.



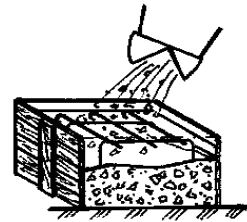
11. При роботі залізобетонної балки під дією згинального навантаження верхня зона балки (вище від нейтральної осі) стиснута, а нижня – розтягнута. Тому розміщені внизу сталеві арматурні стержні сприймають розтягуювальні напруги, а бетон – стиск у верхній зоні.



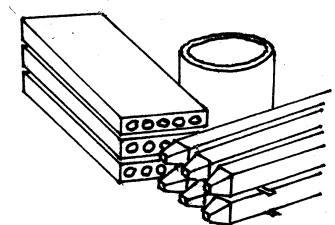
12. Залізобетонні конструкції виготовляють із звичайною і попередньо напруженою арматурою. Звичайний спосіб армування не захищає конструкцію від тріщин, бо бетон дуже мало розтягується. У ці тріщини проникають волога і гази, які викликають корозію арматури. Для ліквідації цього арматуру розтягують на спеціальних машинах, а потім укладають у бетонну суміш. Стержні стискаються, а разом з ними за рахунок зчеплення стискається і бетон.



13. Монолітними називають залізобетонні конструкції, які створюються безпосередньо на об'єкті будівництва. В тимчасову опалубку встановлюють арматурні каркаси, а потім укладають бетон. Опалубку знімають після того, як бетон набуде достатньої міцності.

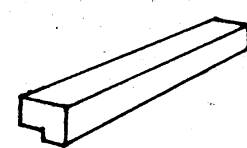
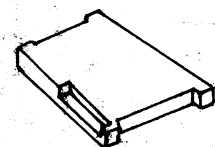
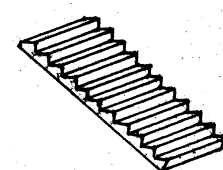
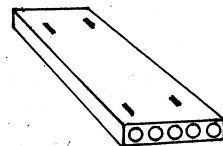


14. Збірними називають залізобетонні конструкції, які виготовляють на спеціалізованих заводах. Такі конструкції монтують на будівельному майданчику і при необхідності з'єднують між собою зварюванням арматурних стержнів або сталевих закладних деталей. Потім стики цих з'єднань бетонують або заливають розчином.

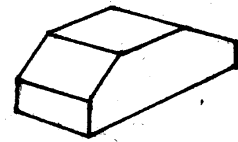


15. Основні збірні залізобетонні конструкції:

- плити перекриття – панелі призначені для перекриття поверхів;
- сходи й марші застосовують для зведення переходів з одного рівня будинку на інший;
- майданчики слугують для стикування маршів;
- перемички, перетинки використовують для перекриття прольотів у будинку;



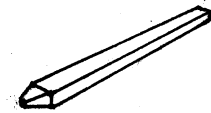
- опорні подушки виконують функцію прокладки між виробами з різних матеріалів з метою розподілу навантажень;



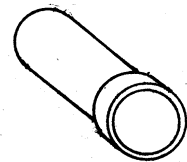
- фундаментні блоки є підставою фундаментну й стін підвалу;



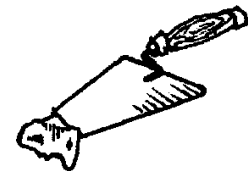
- палі використовуються при зведенні споруджень із метою передачі навантаження будинку на нижні шари ґрунту;



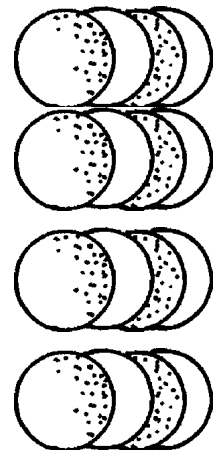
- труби залізобетонні застосовуються в каналізаційних системах;



16. Будівельний розчин – це затверділа суміш в'язучої речовини, дрібного заповнювача (піску), води та, у деяких випадках, спеціальних домішок. Будівельні розчини за видом в'язучого поділяються на:



- цементні (на портландцементі або його різновидах);
- вапняні (на повітряному або гідравлічному вапні);
- гіпсові (на основі гіпсових в'язучих);
- змішані (на цементно-вапняному, цементно-глиняному, вапняно-гіпсовому в'язучому).



### *Контрольні питання*

1. З яких компонентів виготовляють бетон?
2. Що таке бетонна суміш?
3. Що собою являє портландцемент?
4. Чим характеризується міцність бетону?
4. Чим відрізняється збірний залізобетон від монолітного?
5. Назвіть основні залізобетонні конструкції.
6. Що таке будівельний розчин і які вони бувають?



## 1.6 Композитні матеріали (навчальний елемент б)

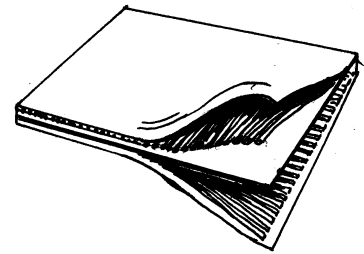
Композитними називають штучно створені матеріали, що складаються з двох або більше хімічно різних компонентів, істотно відмінних за властивостями й розділених добре вираженою міжкомпонентною границею.

### Цілі

Засвоївши даний розділ, Ви зможете робити висновки про:

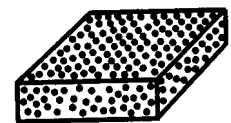
- структуру та склад композитів;
- основні види армування композитних матеріалів;
- природу матричних матеріалів;
- основні види композитних матеріалів.

1. Композитний матеріал, або композит, окремі фази якого виконують специфічні функції, забезпечуючи йому властивості, яких не має жодний з компонентів окремо. Зазвичай отримують поєднанням двох або більше компонентів, які нерозчинні або малорозчинні один в одному і мають властивості, що дуже відрізняються. Один компонент пластичний (зв'язувальна речовина або матриця), а другий має високі характеристики міцності (наповнювач або зміцнювач). Таким чином, у композитного матеріалу кожний компонент відіграє свою специфічну роль: матриця забезпечує пластичність, зміцнювання -- міцність матеріалу.

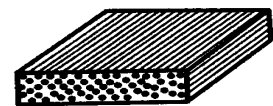


2. За структурою наповнювача композиційні матеріали поділяють на:

- дисперсно-армовані, або дисперсно-зміцнені (з наповнювачем у вигляді тонкодисперсних частинок);



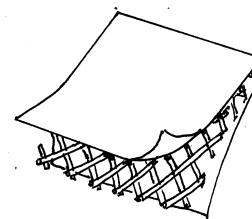
- волоконні компоненти (армовані волокнами і ниткоподібними кристалами);



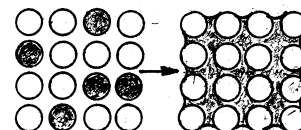
- шаруваті компоненти (армовані плівками, платівками, шаруватими наповнювачами);



3. Для металевої матриці найчастіше використовують алюміній, магній, титан, нікель, кобальт або сплави на їх основі. Армують металеві композитні матеріали високоміцними волокнами з бору, вуглецю, важкоплавких оксидів, карбідів, нітридів, а також волокнами зі сталі, берилію, вольфраму.



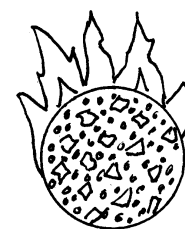
4. Металевий композитний матеріал на основі алюмінію це матеріали типу САП (спечена алюмінієва пудра) в яких матрицею служить алюміній, а зміцнювальним компонентом – частинки оксиду алюмінію добре деформуються у гарячому стані, обробляються різанням, легко зварюються. З них виробляють листи, фольгу і штамповки (штоки поршнів, лопатки компресорів, труби теплообмінників). Виготовлення виробів з порошків алюмінію і оксиду алюмінію відбувається завдяки пресуванню й подальшому спіканню.



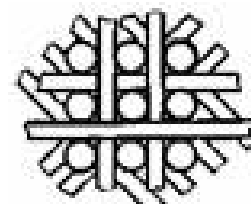
5. Композитні керамічні матеріали одержують спіканням при температурі 1500 – 2500 °С оксидів, силіцидів або сполук металу з вуглецем, азотом, бором. Серед оксидів найчастіше використовують корунд ( $Al_2O_3$ ) з карбідів – карборунд (SiC), з нітридів –  $Si_3N_4$ . Усі ці сполуки мають високу температуру плавлення (від 1800 до 2700°) і високу твердість і міцність при температурі близько 1200°.



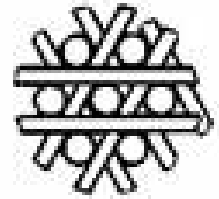
6. Керамічні матеріали відрізняються високою тепло-, жаро-, ерозійною стійкістю, тому вони дуже привабливі для виготовлення відповідальних важконавантажених виробів (лопатки газотурбінних двигунів, деталі двигунів внутрішнього згорання, носові обтічники ракет тощо). Для лопаток газових турбін застосовують матеріали на основі карбідів нітридів Si, Ti, Mg. Такі лопатки здатні витримувати температуру 1600 °С.



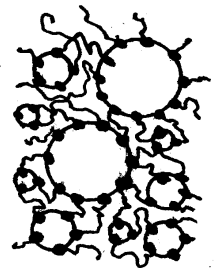
7. Вугле- і склопластики є перспективними матеріалами для використання в будівництві у вигляді профілів (балок, швелерів, двотаврів і т. д.). Вуглепластик застосовують для виготовлення деталей автомобіля: шатунів, ресор, карданних валів, при цьому вироби стають дуже легкими. (Компанія «Форд» понад 1000 видів деталей автомобіля виготовляє з композитних матеріалів).



8. Композитні матеріали на основі вуглецевого волокна утворюють, використовуючи як в'язуче епоксидну, кремнійорганічну і інші смоли. Конструкційні вуглепластики мають унікальні властивості завдяки особливим властивостям вуглеволокна. Вуглецеве волокно – матеріал, що складається з тонких ниток діаметром від 5 до 15 мкм, утворених переважно атомами вуглецю. Вуглецеві волокна характеризуються великою міцністю, низьким коефіцієнтом температурного розширення і хімічною інертністю.



9. Ефективність і роботоздатність матеріалу залежать від правильного вибору вихідних компонентів і технології їх суміщення, покликаної забезпечити міцний зв'язок між компонентами при збереженні їх початкових характеристик. У результаті суміщення армуючих елементів і матриці утворюється комплекс властивостей композиту, який не тільки відображає вихідні характеристики його компонентів, але і містить властивості, яких ізольовані компоненти не мають.



10. Сучасна авіація, ракетно-космічна техніка, суднобудування, машинобудування немислимі без полімерних композитів. Багато які з них легші і міцніші кращих металевих (алюмінієвих і титанових) сплавів та їх застосування дозволяє знизити вагу виробу (літака, ракети, космічного корабля) і, відповідно, скоротити витрату палива.

#### *Контрольні питання*

1. Назвіть основні властивості композитних матеріалів.
2. Як поділяють композитні матеріали за структурою наповнювача?
3. Чим відрізняється матриця або зв'язувальна речовина від наповнювача або зміцнювача?
4. Що таке композит ?
5. Назвіть основні властивості керамічних матеріалів.
6. Який із компонентів композитних матеріалів називається матрицею?
7. Що це за матеріал – вуглепластики?
8. Яка технологія виготовлення металопластиків?

## 1.7 Наноматеріали (навчальний елемент 7)

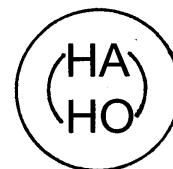
Наноматеріали (нанотехнології) – це найбільше досягнення сучасної науки, з ними пов'язують науково-технічну революцію третього тисячоліття. Термін “нанотехнологія” означає “нано” (карликовий, дрібний) і складає одну мільярдну частину метра ( $10^{-9}$ ). До наноматеріалів відносять об'єкти, один з характерних розмірів яких лежить в інтервалі від 1 до 100 нм.

### Цілі

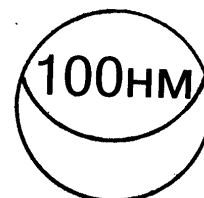
Засвоївши даний розділ, Ви володітиме інформацією щодо:

- визначення термінів “нанотехнологія” та “наноматеріал” ;
- розрізнення наноматеріалів за основними властивостями.
- висновків про придатність наноматеріалів для виготовлення деталей.

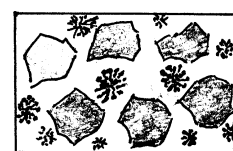
1. В останнє десятиріччя неухильно зростає науковий і практичний інтерес до наноматеріалів, що мають унікальну структуру й властивості та відкривають перспективи створення принципово нових конструкційних і функціональних матеріалів. Наноматеріали мають унікальну структуру й властивості та відкривають перспективи створення принципово нових конструкційних і функціональних матеріалів



2. Нанокompозит визначається як багатокомпонентний твердий матеріал, в якому один з компонентів в одному, двох або трьох вимірах має розміри, що не перевищують 100 нанометрів; також під нанокompозитами розуміються структури, що складаються з безлічі повторюваних компонентів-шарів (фаз), відстань між якими вимірюється в десятках нанометрів.



3. Нанокompозит – багатокомпонентний твердий матеріал, в якому один із компонентів в одному, двох або трьох вимірах має розміри 0,02 – 0,07 мкм, також під нанокompозитами розуміються структури, що складаються з безлічі повторюваних компонентів-шарів (фаз), відстань між якими вимірюється в десятках нанометрів. Нанокompозити мають чудові фізичні і хімічні властивості і завдяки своїй структурі можуть застосовуватися в різних областях, включаючи виробництво електроніки та нових матеріалів, у медицині й в екології, в аерокосмічній та автомобільній галузях.



4. В залежності від типу основної матриці, що займає велику частину обсягу нанокompозитного матеріалу, нанокompозити прийнято поділяти на такі категорії:

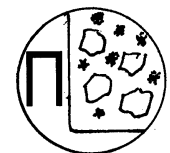
- на основі керамічної матриці покращують оптичні та електричні властивості початкового матеріалу (керамічного з'єднання, що складається із суміші оксидів, нітридів, силіцидів і т. д.);



- на основі металевої матриці так званим підсилюючим матеріалом (нанокompонентів) часто служать вуглецеві нанотрубки, які підвищують міцність і електричну провідність;



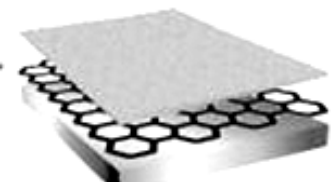
- полімерні нанокompозити містять полімерну матрицю з розподіленими по ній наночастинками або нанопаповнювачами, які можуть мати сферичну, плоску або волокнисту структуру.



5. Нанокompозити на основі полімерів відрізняються від звичайних полімерних композитних матеріалів меншою вагою і при цьому більшою стійкістю до ударів і зносостійкістю, а також хорошим опором хімічних впливів, що дозволяє використовувати їх у військових і аерокосмічних розробках. Як матрицю в цьому виді нанокompозитів застосовують поліпропілен, полістирол, поліамід або нейлон, а як нанокompоненти виступають частинки оксидів алюмінію або титану, або вуглецеві, а також кремнієві нанотрубки і волокна.

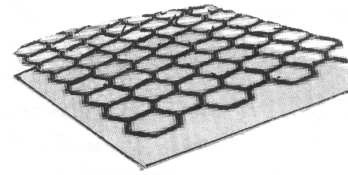


6. Графен – одна з алотропних форм вуглецю, моно-атомний шар атомів вуглецю із гексагональною структурою. Основною особливістю чистого графена – двовимірної модифікації вуглецю – є відсутність у ньому забороненої зони, ширина якої дорівнює нулю.

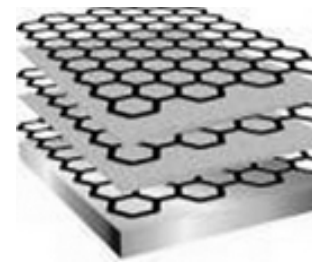


Графен схожий за своєю будовою на окремий атомний шар у структурі графіту – атоми вуглецю утворюють стільникову структуру з міжатомною відстанню 0,142 нм. Без опори графен має тенденцію згортатися, але може бути стійким на підкладці. Більше того, графен був отриманий також без підкладки у вільному підвішеному стані, розтягнутий на опорах.

7. Нещодавно було встановлено, що додавання графена до епоксидних композитів призводить до збільшення жорсткості і міцності матеріалу в порівнянні з композитами, що містять вуглецеві нанотрубки. Графен краще з'єднується з епоксидним полімером, більш ефективно проникаючи в структуру композиту. Нанокompозити на основі графену можна використовувати при виробництві компонентів авіатехніки, які повинні залишатися одночасно легкими і стійкими до фізичного впливу.



8. В автомобільній промисловості з нанокompозитних матеріалів можна виготовляти різні елементи інтер'єра, електронного обладнання, систем безпеки, шин, модулів двигунів автомобілів. Це дозволить знизити загальну вагу конструкції, скоротити викиди вуглекислого газу, збільшивши крім того і ефективність самого двигуна, знизити знос деталей і частин корпусу, підвищити міцність автомобільного кузова і надійність бортової електроніки.



### *Контрольні питання*

1. Що таке нанотехнологія?
2. Який композитний матеріал називається нанокompозитом?
3. Чому дорівнює розмір наноматеріалу?
4. Що таке графен?
5. В яких сферах знаходить використання нанотехнологія?
6. З якої речовини утворюється графен?
7. Графен – це одна з алотропних форм якого елемента?
8. На які категорії залежно від матриці прийнято поділяти нанокompозити?
9. В яких інтервалах лежать розміри наноматеріалу?
10. Чому дорівнює один нанометр?

## 2 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Експлуатаційними називаються властивості матеріалів, що впливають на поведінку виробів у процесі експлуатації. Для забезпечення правильного використання конструкцій необхідно враховувати експлуатаційні властивості матеріалів, з яких вони виготовлені.

### 2.1 Вогнетривкі матеріали (навчальний елемент 8)

Вогнетриви – неметалеві матеріали, здатні витримувати високу температуру.

#### Цілі

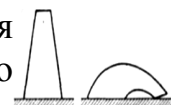
Засвоївши даний розділ, Ви володітиме інформацією щодо:

- визначення поняття вогнетривких матеріалів, їх властивості;
- матеріалів залежно від вогнетривкості;
- основних вогнетривких матеріалів та виробів.

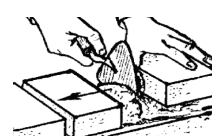
1. Вогнетривкість – властивість глинистих порід протистояти впливу високих температур без істотного розм'якшення і розплавлення (деформації). Залежно від вогнетривкості матеріали поділяються на вогнетривкі (вогнетривкість 1580 – 1770°, високовогнетривкі (1770 – 2000°) і вищої вогнетривкості (понад 2000°).



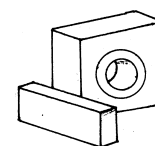
2. Вогнетривкість – температура повного розм'якшення вогнетривів, яку визначають нагріванням стандартного зразка – тригранної піраміди. Температура, при якій зразок торкнеться верхівкою підставки, береться за його вогнетривкість.



3. Вогнетривкі вироби використовують для мурування повітрянагрівальних, електросталеплавильних печей; для футерування сталерозливних і чавуновізних ковшів; для безперервного розливання сталі; наповнювачів і кварцитових сумішей для вогнетривких бетонів; вогнетривких динасових виробів, для мурування скловарних, коксових печей.



4. Для виробництва вогнетривких виробів слід використовувати вогнетривкі глини і малозолісті боксити, що мають ряд переваг перед глинами. Кислі вогнетриви подані матеріалами, що мають високий вміст  $\text{SiO}_2$ , залежно від якого зростає вогнетривкість до 1700 °С. Представниками кислих вогнетривів є кварцовий пісок, динасова цегла та ін. Нейтральні – глиноземисті, вуглевмісні та хромітові матеріали, їх вогнетривкість становить 1500...2000 °С. Основні вогнетриви подані матеріалами з великим вмістом оксидів  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  таких, як доломіт хромомагнезит та магнезит. Доломіт після випалювання має вогнетривкість до 1950 °С, а магнезит, хромомагнезит – до 2000 °С.

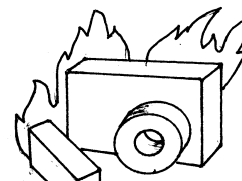


5. Основні властивості вогнетривких матеріалів: відсутність усадки і розширення; стійкість проти механічних дій (ударів, стирання); стійкість проти роз'їдання розплавленими шлаками.

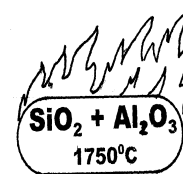
6. Динасові матеріали (група кремнеземистих вогнетривів) являють собою кварцеві породи і містять близько 94% окису кремнію ( $\text{SiO}_2$ ) на вапняній зв'язці. Вогнетривкість динасу 1700...1710 °С, він має високу шлакостійкість проти кислих шлаків, застосовується для футерування бесімерівських конверторів і електродугових печей.



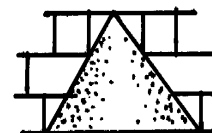
7. Напівкислі матеріали (група алюмосилікатних вогнетривів) містять не менше 65% окису кремнію і складаються з кварцових порід на глиняній або каоліновій зв'язці. Мають вогнетривкість не нижче 1610°. Застосовуються для мурування повітряно-нагрівників доменних печей, вагранок тощо.



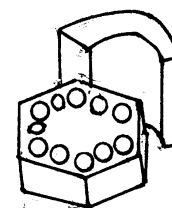
8. Шамот складається із кремнезему  $\text{SiO}_2$  та 39...43%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , має вогнетривкість 1750 °С. Він є найдешевшим серед вогнетривких матеріалів і застосовується для футерування доменних печей, ковшів для транспортування й розливання металу, повітрянагрівачів.



9. Шамотні матеріали виготовляють з вогнетривких глин з добавкою шамоту. Завдяки невеликій вартості виробу із шамоту застосовують дуже широко, а саме: для кладки шахт доменних печей і регенераторів для них, для термічних печей тощо. Також використовують у промисловості будівельних матеріалів для насаджування регенераторів скловарних печей, шахтних печей для випалу вапняку і цементного клінкеру, для мурування стін тунельних печей випалу виробів будівельної кераміки тощо.

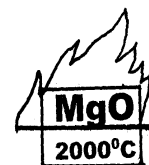


10. Магнезитові і доломітові матеріали (група магнезійних вогнетривів) складаються з випаленого до спікання магнезитового або доломітового порошку. Вогнетривкість 1920–2300 °С. Застосовують для мурування печей, які працюють при високих температурах в умовах дії розплавленого металу і основних шлаків.





11. Магнезит містить 91...94% MgO, має вищу за 2000 °С вогнетривкість. Його застосовують для викладання дна та стін основних мартенівських та електроплавильних печей.



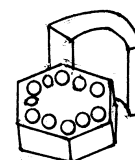
12. Хромомагнезитові матеріали (група хромистих вогнетривів) складаються з 40–50% випаленого до спікання магнезитового порошку і 60–50% хромітової руди. Вогнетривкість цих матеріалів 1920–2000°, призначення таке ж саме, як і магнезитових вогнетривів.



13. Графітовий вогнетрив – графіт на глиняній зв'язці, має вогнетривкість понад 2000 °С і застосовують його для викладання дна доменних печей або електролізних ванн для отримання алюмінію. Особливість будови кристалічної ґратки графіту характеризується доволі міцним зв'язком атомів вуглецю в межах шару, і досить слабким міжшаровим молекулярним зв'язком.



14. Вогнетривкі матеріали застосовують у вигляді цегли, фасонних деталей і порошоків. Цеглою і фасонними деталями викладають стіни і склепіння печей.

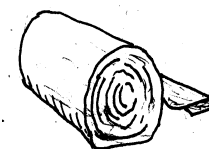


15. Сухі термостійкі суміші для мурування високотемпературних зон топків, внутрішніх стінок печей, вогнетривкість 1600 °С.

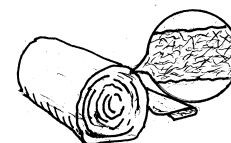
16. Азбест – загальна назва мінералів класу силікатів, що утворюють тонковолокнисті агрегати. Вогнестійкі, здатні розщеплюватися на тонкі міцні волокна. Азбестові вироби випускають у вигляді картону, тканини, шнура, нитки, брезентів, фільтрів і інших теплоізоляційних матеріалів з робочою температурою 500 °С.



17. Мінеральну вату виробляють видуванням розплаву гірських порід. Скловату виготовляють тим же способом, що і мінеральну, але зі склобою, або залишків варіння віконного скла.



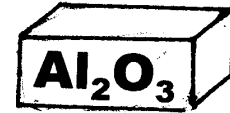
18. Мат (ковдра) із керамічного волокна на ряду з достатньою механічною міцністю і гнучкістю робить ці «ковдри» незамінними матеріалами при будівництві печей і котлів різних типів. Ковдра являє собою готовий до використання високотехнологічний продукт.



19. Карборундові вогнетриви складаються в основному з карбиду кремнію SiC, який плавиться при температурі 2050 °С. Вони характеризуються високою термостійкістю і стійкістю до кислих шлаків.



20. Корундові вогнетриви складаються в основному із оксиду алюмінію Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, який плавиться при 2050 °С. Вони не чутливі до різних температурних коливань; застосовуються для виготовлення тиглів і для пристрою скловарних печей.



### *Контрольні питання*

1. Назвіть основні властивості вогнетривких матеріалів.
2. Як називається температура повного розм'якшення вогнетривів?
3. При якій температурі плавляться корундові вогнетриви?
4. Які виробляють вогнетриви з азбесту?
5. В якому вигляді виготовляють вогнетриви?
6. Які вогнетривкі матеріали розповсюджені?
7. Який вогнетрив є найдешевшим?
8. Як називається вогнетрив, який складається з 95...96% SiO<sub>2</sub>?

## 2.2 Теплоізоляційні матеріали (навчальний елемент 9)

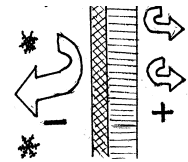
Теплоізоляційними називають матеріали для теплової ізоляції захисних конструкцій будівель, промислового та енергетичного обладнання і трубопроводів.

### Цілі

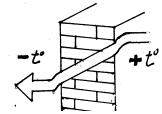
Закінчивши вивчення даного розділу, Ви вмітимете робити висновки щодо:

- поняття “ теплоізоляція ” і “ теплопровідність ”;
- характеристики теплоізоляційних матеріалів;
- вибору теплоізоляційних матеріалів в залежності від їх призначення;
- розподілу теплоізоляційних матеріалів в залежності від виду основної сировини.

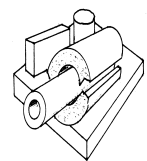
1. Теплоізоляція – захист будівель, трубопроводів, теплового обладнання від теплообміну з навколишнім середовищем для зменшення теплових втрат і збереження теплового режиму об'єкта. Для теплоізоляції використовують матеріали із пористою структурою і низькими значеннями теплопровідності.



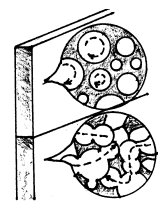
2. Теплопровідність – здатність матеріалу проводити тепло. Для порівняння теплопровідності різних матеріалів служить коефіцієнт теплопровідності. Він чисельно дорівнює кількості теплоти, що переноситься через одиницю площі ( $1\text{m}^2$ ) поперечного перерізу зразка за одиницю часу (1с) при зниженні температури на  $1\text{ }^\circ\text{C}$  на одиниці шляху (1м) теплового потоку, тобто  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$



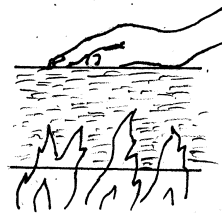
3. Теплоізоляційні матеріали – матеріали, що відрізняються невеликою теплопровідністю. Використовуються для теплової ізоляції загороджувальних конструкцій будівель та інших споруд, промислового устаткування і трубопроводів. Як правило, такі матеріали мають коефіцієнт теплопровідності до  $0,18\text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  та середню густину до  $600\text{ кг}/\text{м}^3$ .



4. Одна з основних характеристик теплоізоляційних матеріалів – це їх висока пористість і, відповідно, мала середня густина і низька теплопровідність. З матеріалів однакової загальної пористості вищий термічний опір мають ті матеріали, в яких пори закриті і мають сферичну форму, діаметром  $0,1\text{--}2\text{ мм}$ . Великі, особливо сполучені між собою пори, дають можливість повітрю вільно циркулювати по матеріалу, наслідком чого є передача тепла конвекцією.



5. Використання теплоізоляційних матеріалів дозволяє зменшити товщину і масу стін та інших огорожувальних конструкцій, знизити витрату основних конструктивних матеріалів, зменшити транспортні витрати та відповідно знизити вартість будівництва. Поряд з цим при скороченні втрат тепла опалювальними будівлями зменшується витрата палива.

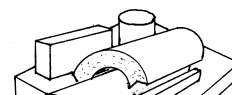


6. Теплоізоляційні матеріали за видами основної сировини підрозділяються на мінеральні, що виготовляються на основі мінеральних речовин (гірських порід, шлаків, скла, азбесту), і органічні, сировиною для виробництва яких служать природні органічні матеріали і матеріали з пластичних мас.



7. За формулю та зовнішнім виглядом розрізняють теплоізоляційні матеріали:

- штучні жорсткі (плити, шкарлупи, сегменти, цеглу, циліндри);



- гнучкі (мати, шнури, джгути);



- пухкі й сипучі (вату, перлітовий пісок, вермикуліт).



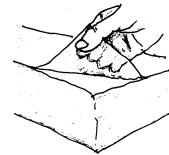
8. Спучені перліт і вермикуліт виготовляють подрібненням і прискореним випалюванням гірських порід. Застосовують як теплоізоляційну засипку при робочих температурах до 1100 °С і як основу для виготовлення теплоізоляційних фасонних виробів на різних зв'язуючих;



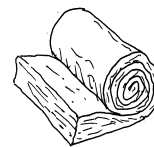
9. Азбестомісткі матеріали є матеріалами на основі волокон азбесту. Це такі матеріали як азбокартон, азбестовий папір, з робочою температурою до 500 °С, азбозурит – суміш азбесту з діатомітом чи трепелом, з робочою температурою до 600 °С, ньувель – суміш азбесту з водним розчином вуглекислого магнію, совеліт – суміш азбесту з водним розчином подвійної вуглекислої солі. Ньювель і совеліт застосовуються у вигляді порошків чи мастикової ізоляції до температур 500 °С.



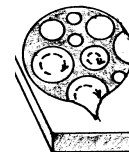
10. Мінеральну вату виробляють шляхом видування розплаву гірських порід. Робочий температурний діапазон мінеральної вати:  $-200 - +600$  °С; Вони характеризуються низькою теплопровідністю, достатньою вогнестійкістю, низькою гігроскопічністю, стійкістю проти загнивання. Сама мінеральна вата наче напівфабрикат, з якого виконують різноманітні теплоізоляційні мінераловатні вироби: повсть, мати, напівтверді і жорсткі плити, шкаралупи, сегменти та ін Застосовуються для утеплення будівельних конструкцій, теплової ізоляції гарячих і холодних поверхонь промислового обладнання та трубопроводів.



11. Скляна вата – матеріал, що складається з безладно розташованих скляних волокон. Сировиною для виробництва скловати служить кварцовий пісок, кальцитова сода та сульфат натрію або скляний бій. Виробництво скловати відбувається у ванних печах при температурі  $1300-1400$  °С. При дуттєвому способі розплавлена маса розпорошується під дією струменя стисненого повітря або пари. Робочий діапазон скловати  $-150 - +350$  °С.



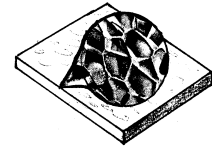
12. Піноскло – теплоізоляційний матеріал комірчастої структури. Сировиною для виробництва виробів з піноскла служить суміш тонко подрібненого скляного бою з газоутворювачем (меленим вапняком). Цю суміш засипають у форми і нагрівають в печах до  $900$  °С, при цьому відбувається плавлення частинок скла і розкладання газоутворювача. Гази, що виділяються, спучують скломасу, яка при охолодженні перетворюється на міцний матеріал. Піноскло характеризується водостійкістю, морозостійкістю, не згорає, має гарне звукопоглинання, його легко обробляти ріжучим інструментом. (Розмір пор  $0,1-3$  мм, щільність  $200-600$  кг/м<sup>3</sup>, теплопровідність  $0,09-0,14$  Вт/(м·К), межа міцності при стиску піноскла  $2-6$  МПа). Матеріал не схильний до поразки бактеріями і грибок, непрохідний для гризунів, не підтримує горіння, не виділяє диму і токсичних речовин. Піноскло являє собою матеріал, що складається з герметично замкнутих сферичних осередків.



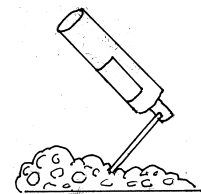
13. Теплоізоляційні матеріали з пластмас, для виготовлення яких служать пінопласти і поропласти. Пінопласт – це пластмаси з малою щільністю і наявністю несполучених між собою порожнин або осередків, заповнених газами або повітрям. Поропласти – пористі пластмаси, структура яких характеризується сполученими між собою порожнинами.



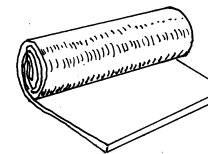
14. Пінополістирол – матеріал у вигляді білої твердої піни замкнутої пористої структури. Пінополістирол – це різновид газонаповнених пластмас (пінопластів), структура яких являє собою осередки, наповнені повітрям. Це легкий та міцний матеріал, подібний до застиглої піни, яка складається з великої кількості дуже мілких герметично замкнених комірок. Кожна з яких заповнена газом (повітрям) і повністю ізольована від інших, маючи тільки загальні перегородки. Плити мають ряд переваг: низьку теплопровідність, малу вагу і високу міцність, відсутність капілярності, водонепроникність, високу морозостійкість.



15. Пінополіуретан (ППУ) – легкий і міцний тепло-, гідроізоляційний матеріал, різновид газонаповнених пластмас (пінопластів), структура яких являє собою осередки, наповнені повітрям. Завдяки такій структурі пінополіуретан має найнижчий коефіцієнт теплопровідності  $0,0296 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$  і низький відсоток водопоглинання (2%) у порівнянні з іншими теплоізоляційними матеріалами. При нанесенні на поверхню пінополіуретан спінюється, утворюючи однорідний шар теплоізоляційного матеріалу.



16. Алюмінієва фольга – теплоізоляційний матеріал, що являє собою гафровану стрічку з наклеєною алюмінієвою фольгою. Основна задача при ізоляції трубопроводів – зберегти температуру носія, а також запобігти утворенням конденсату на поверхні труби і тим самим подовжити термін служби інженерної системи. Алюмінієву фольгу використовують для відбивної ізоляції в теплоізоляційних конструкціях будівель і споруд, а також для теплоізоляції поверхонь промислового обладнання і трубопроводів при температурі  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ .



#### *Контрольні питання*

1. Дайте означення теплопровідності.
2. Яке значення має теплопровідність теплоізоляційних матеріалів?
3. Які властивості повинні мати теплоізоляційні матеріали?
4. Як розрізняють теплоізоляційні матеріали за формою та зовнішнім виглядом?
5. Які матеріали виготовляють із азбесту?
6. Які властивості має піноскло і як його виготовляють?
7. Чим відрізняється скляна вата від мінеральної?
8. Що використовують для відбивної ізоляції в теплоізоляційних конструкціях?

## 2.3 Ущільнювальні матеріали (навчальний елемент 10)

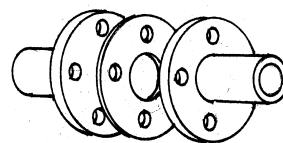
Ущільнювальні матеріали служать для створення герметичності з'єднань; до них належать прокладки, набивки, замазки тощо.

### Цілі

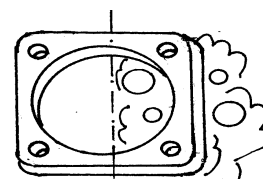
Засвоївши даний розділ, Ви володітиме інформацією щодо:

- основних властивостей ущільнювальних та прокладних матеріалів;
- ущільнювальних матеріалів які поділяються за основними властивостями;
- придатності ущільнювальних матеріалів для виготовлення прокладок.

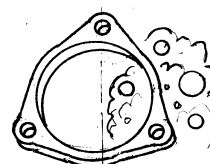
1. Ущільнювальні та прокладні матеріали застосовують для запобігання витіканню палива, мастила, води, пари або газів, а також для захисту механізмів від бруду і пилу. Якість і надійність з'єднань (фланцеві) в більшості залежить від ущільнювання, більш того, використання прокладок необхідне. Для впевненості в правильному виборі прокладки необхідно правильно вибрати матеріал прокладки.



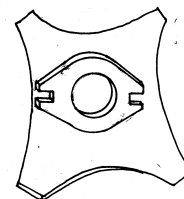
2. Гума – найрозповсюдженіший прокладний матеріал. З неї виготовляють прокладки для фланцевих з'єднань трубопроводів і арматури холодної води. Теплостійка гума, до складу якої, крім звичайних складових, входить азбест, здатна зберігати свої властивості при температурі до 90° у повітряному середовищу, і до 140° – у середовищі водяної пари. Для більш високих температур (до 250) застосовують гуму на кремнієорганічній основі.



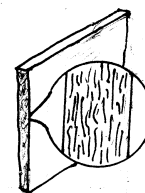
3. Картон, папір і пробку використовують для ущільнення деталей, які працюють при температурах до 100 °С, а повітроводів з температурою повітря до 70°. Перед використанням прокладки просочують оліфою, щоб під дією води не розшарувалися.



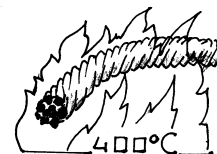
4. Шкіра – прокладний матеріал, з якого роблять прокладки для вентилів і кранів холодної води. Шкіра – матеріал, який дорого коштує.



5. Азбест – хороший ізолятор тепла. Азбест випускають у вигляді картону, тканини, шнура, нитки і дрібняка. Частіше застосовують картон товщиною 3–6 мм і шнур діаметром (або зі стороною квадратного перерізу) 4–25 мм. Із азбестового картону роблять прокладки для фланцевих з'єднань повітропроводів. Шнур застосовують для набивання сальників арматури і як обгортковий матеріал для ізоляції гарячих поверхонь, трубопроводів.



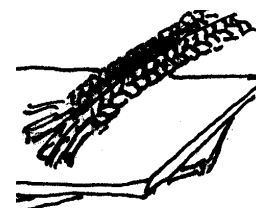
6. Суха азбестова набивка – шнур, сплетений із азбестових ниток, його застосовують в умовах повітряного середовища, водяної пари, промислової води і розчинів лугів при температурі до 400° і тиску до 45 кгс/см<sup>2</sup>.



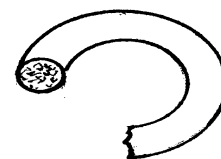
7. Просочена азбестова набивка – шнур, сплетений із азбестових ниток, просочений антифрикційним складом. Набивку застосовують в умовах агресивних газів і парів, слабких розчинів кислот при температурі до 300° і тиску до 45 кгс/см<sup>2</sup>.



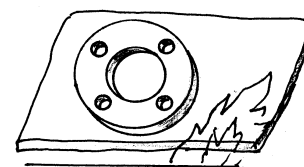
8. Сальникова набивка являє собою еластичний шнур квадратного перерізу, сплетений з азбестових ниток і просочений суспензією фторопласта з тальком. Використовується в сальникових ущільненнях арматури, яка працює із скрапленим газом, киснем, бензином, ацетоном, етиленом, толуолом при температурі до 300°.



9. Мідно-азбестові прокладки складаються з азбестового картону, обкладеного з двох боків фольгою з червоної міді. Вони стійкі проти високих температур, добре відводять тепло, достатньо міцні.

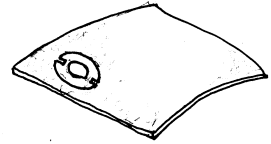


10. Пароніт – листовий матеріал сірого кольору товщиною 0,4–6 мм. Він отриманий шляхом пресування азбесту, каучуку та інших компонентів, що застосовуються для ущільнення з'єднань в агресивних середовищах, при високих температурах (до 450°) і тиску. Для підвищення механічних властивостей пароніт в деяких випадках армують металевою сіткою.





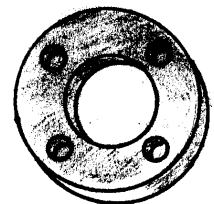
11. Безазбестовий пароніт – це прокладний та ущільнювальний листовий матеріал, виготовлений шляхом стиснення і вальцювання в умовах високої температури та тиску суміші із синтетичних волокон, натурального або синтетичного каучуку, спеціальних наповнювачів.



12. Графіт – кристалічна речовина сіро-сталевого кольору, м'яка і жирна на дотик, його випускають у вигляді тонко розмеленого порошку і у вигляді лусочок. Порошок графіту в суміші з оліфою утворює мастику, яка служить ущільнювальною замазкою. Графітову замазку застосовують при складанні нарізних з'єднань трубопроводів. Вона дозволяє ущільнювати різьбове з'єднання при температурі 200°.



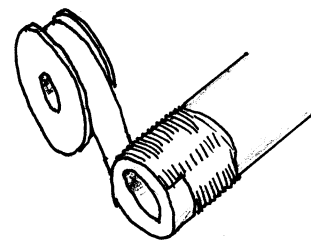
13. Лускатий графіт добре заповнює нерівності на поверхні фланців арматури і труб, ним просочують сальникові набивки і паронітові прокладки. Пластинки лускатого графіту мають бути якомога крупніші, м'якші і легко ковзати одна по одній.



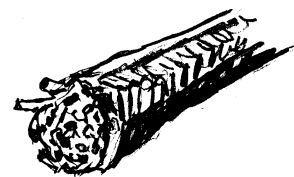
14. Льон у вигляді тонкого пасма, змазаного свинцевим суриком, застосовують для ущільнення нарізних з'єднань трубопроводів холодної і гарячої (до 100°) води.



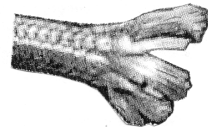
15. Стрічку ФУМ застосовують для ущільнення різьбових з'єднань. Ця стрічка на основі фторопластів, які стійкі до всіх мінеральних кислот, лугів та інших корозійних середовищ. Цю стрічку застосовують при монтажі систем водопостачання, опалення і газопроводів, а також при монтажі технологічних трубопроводів з температурою від -50 до +200 °С.



16. Бавовняна суха набивка являє собою шнур, сплетений з бавовняних ниток; діаметр (або сторона квадратного перерізу) набивки 4–50 мм. Набивку застосовують при температурі до 100° і тиску до 200 кгс/см<sup>2</sup>.



17. Прядив'яна суха набивка – шнур, сплетений з лляної, прядив'яної або джгутової пряжі; має такі ж розміри, як бавовняна набивка. Набивку застосовують для мастил, промислової води і водяної пари при температурі до 100° і тиску до 160 кгс/см<sup>2</sup>.



18. Прядив'яна просочена набивка – суха прядив'яна набивка, просочена антифрикційним складом; розміри, допустима температура і тиск такі ж, як у прядив'яній сухій набивці. Застосовується для мастил, інертних газів і парів, промислової води і розчинів лугів.



19. Прядив'яний і джгутовий канат, просочений смолою або без просочення, застосовують для ущільнення розтрубів і керамічних труб. Пасмо просочують смолою для захисту його від гниття. Несмолений – білий канат застосовують у зовнішньому шарі ущільнення, бо він краще схоплюється з цементом.



#### *Контрольні питання*

1. Де використовують ущільнювальні матеріали?
2. Перелічіть призначення ущільнювальних матеріалів.
3. За яких умов можна застосовувати прокладки з гуми, пароніту і шкіри?
4. Де застосовують для ущільнення джгутовий просмолений канат?
5. Що собою являє суха бавовняна набивка?
6. Який найрозповсюдженіший матеріал для прокладок?
7. Де і коли застосовують графітну пасту?
8. Що таке пароніт? Коли і де він використовується?
9. Де використовується сальникова набивка?
10. Що собою являє просочена набивка?

## 2.4 Абразивні матеріали (навчальний елемент 11)

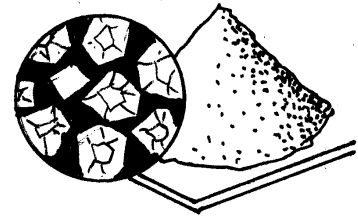
Абразиви – речовини високої твердості та щільності, які застосовують у вигляді порошків, паст, суспензій або інструментів для механічної обробки гірських порід, мінералів, металів, скла та ін.

### Цілі

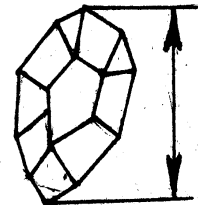
Засвоївши даний розділ, Ви володітиме інформацією щодо:

- визначення основних властивостей абразивних матеріалів;
- розрізнення абразивних матеріалів за основними властивостями;
- суті шліфування абразивами;
- висновків про абразиви, їх склад і застосування.

1. Абразив – дрібнозерниста або порошкоподібна тверда речовина, що використовується для різання, полірування, шліфування та іншої обробки твердих матеріалів штучного природного походження, а також буріння гірських порід. Абразиви бувають двох типів: природні (алмази, корунд, сланець, пісок, кремній) і штучні (електрокорунд, штучний алмаз, карбід кремнію, карбід бору та ін.).



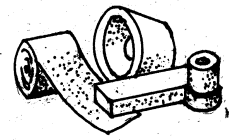
2. За твердістю абразиви поділені на сім класів: м'які (М1, М2, М3); середньом'які (СМ1, СМ2); середні (С1, С2); середньотверді (СТ1, СТ2, СТ3); тверді (Т1, Т2); дуже тверді (ДТ1, ДТ2); надзвичайно тверді (НТ1, НТ2). Із зростанням цифр (1; 2; 3) твердість круга збільшується. Зернистість – умовне позначення, що відповідає розмірам абразивних зерен, які поділяють на чотири групи: шліфзерно (2000...160 мкм); шліфпорошки (125...40 мкм); мікропорошки (63...14 мкм); тонкі мікропорошки (10...3 мкм).



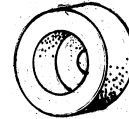
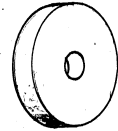
3. Шліфування – один з видів обробки матеріалів. При шліфуванні з поверхні деталі знімається найтонший шар (до 0,002–0,005 мм). Цю операцію виконують шліфувальними інструментами: кругами, брусками і спеціальними матеріалами: порошками, пастами і шкурками.



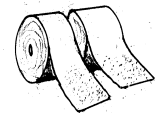
4. Абразивні інструменти дуже різноманітні, оскільки їх використовують для шліфування багатьма способами різних поверхонь і матеріалів. Шліфувальним кругом називають абразивний інструмент у вигляді тіла обертання. За формою шліфувальні круги поділяють на:



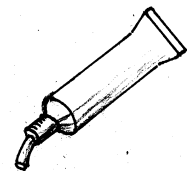
- плоскі прямі, застосовують для круглого та плоского шліфування;
- чашкові циліндричні;
- чашкові конічні, застосовують для загострювання інструментів;
- дискові, використовують для обробки пазів і розрізання матеріалів.



5. Шліфувальні шкурки. Зачистку й обробку виробів при слюсарних, токарних і інших видах робіт проводять за допомогою шліфувальних шкурок. Шкурку приготівляють, наклеюючи зерна абразиву на папір або тканину.

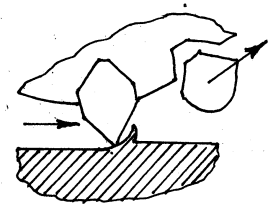


6. Алмазні пасти (пасти з природних і синтетичних алмазних порошків) для шліфування та полірування. Пасти випускаються з повним спектром розмірів зерна. Вищезгадані пасти застосовуються для ручного або механічного притирання та полірування гартованої сталі та її сплавів, мінералів, кераміки тощо.

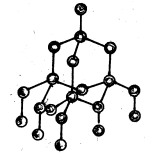


7. Паста ГОЙя являє собою суміш 74–81% окису хрому з кремнеземом, стеарином і іншими домішками. Пасту за якістю поділяють на три сорти: тонку, середню і грубу, її застосовують для притирання і полірування сталевих і бронзових деталей.

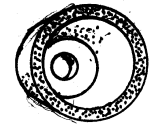
8. Твердість круга чи бруска визначають якістю зв'язувального матеріалу, його здатністю утримувати при роботі зерна абразиву. М'яким вважається круг, від якого легко відірвати зерно, а твердим, – від якого трудніше відірвати зерно. Найтвердішим абразивом є алмаз. Якщо його мікротвердість прийняти за 100%, то мікротвердість нітриду бору становитиме 90%, карбіду бору – 40%, карбіду кремнію – 35%, електрокорунду – 25%.



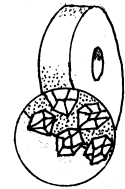
9. Алмаз – найтвердіша речовина, яка зустрічається в природі. Він являє собою чистий вуглець. Алмаз застосовують для виправлення спрацьованих шліфувальних кругів і шліфування найтвердіших матеріалів. Синтетичний алмаз характеризується дуже високими різальними властивостями, має добру теплопровідність, проте невисоку теплостійкість. Застосовують переважно для обробки твердих сплавів, для різання кераміки, скла тощо.



10. Корунд – мінерал, який складається з 90% окису алюмінію і 10% домішок; відрізняється високою твердістю. З корунду роблять абразивні інструменти для обробки сталей. Суміш 60% корунду і 40% окису заліза й інших домішок називається наждаком.



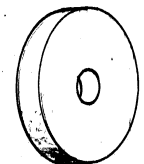
11. Електрокорунд – штучний абразив, який являє собою окис алюмінію, одержаний з глинозему шляхом плавлення його в електропечах; містить до 97% окису алюмінію, застосовують у вигляді кругів, порошоків для обробки різального інструменту і шліфування.



12. Карборунд – штучний мінерал, який складається з карбїду кремнію; його виготовляють шляхом спікання в електропечах суміші кварцевого піску з порошкоподібним вугіллем при температурі близько 2000°. Зерна карборунду гострі, тверді й крихкі. Карборунд застосовують для обробки чавуну і бронзи.



13. Карбїд бору – штучний абразив, який містить до 95% карбїду бору. Він відрізняється більшою, ніж карборунд, твердістю, замінює алмаз. Карбїд бору застосовують для загострення твердосплавного інструменту.



#### *Контрольні питання*

1. В чому полягає особливість обробки абразивними матеріалами?
2. Характеристики абразивів.
3. Перечисліть основні абразивні інструменти.
4. Як називається абразивний інструмент у вигляді тіла обертання?
5. Що являє собою шліфувальна шкурка?
6. Яке призначення алмазних паст?
7. Яка найтвердіша речовина з якої виготовляють абразиви?
8. Як виготовляють шліфувальні круги і шкурки?
9. Чим відрізняється твердий шліфувальний круг від м'якого?

## 2.5 Скло (навчальний елемент12)

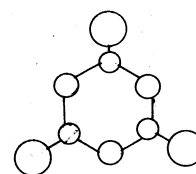
Скло (неорганічне скло) – тверда аморфна речовина, прозора, в тій чи іншій частині оптичного діапазону (в залежності від складу), отримана під час застигання розплаву, що має склотвірні компоненти.

### Цілі

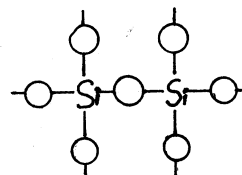
Засвоївши даний розділ, Ви вмітимете робити висновки про:

- поняття “скло”, його склад та його властивості;
- склад скломаси та способи її отримання;
- асортимент скла та його використання;
- найпоширеніші вироби зі скла.

1. Скло – аморфна речовина, яку отримують внаслідок сплавлення оксидів і деяких безоксидних сполук. Скло – це твірні оксиди кремнію, бору, фосфору та германію формують нерегулярну просторову сітку, у вузлах якої перебувають атоми або групи атомів.



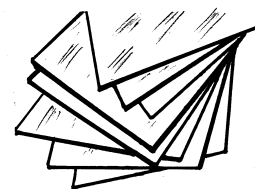
2. Під склом розуміють сплави різних силікатів з надлишком діоксиду силіцію. На відміну від кристалічних матеріалів скло, при нагріванні у відповідному температурному інтервалі, розм'якшується поступово, переходячи з твердого крихкого стану у тягучий високов'язкий і далі – у текучий стан – скломасу.



3. Скло – один з найпоширеніших матеріалів, який широко використовується в господарстві і побуті: для застосування будинків, споруджень, транспортних засобів. Скляний посуд, пляшки, банки, електролампи, освітлювальна апаратура, дзеркала – необхідні предмети нашого побуту.



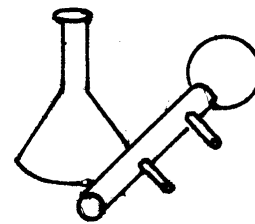
4. Листове скло має дуже різноманітний асортимент: безбарвне – поліроване, візерункове, армоване; пофарбоване листове скло також має різноманітний асортимент. З безбарвного і пофарбованого скла виготовляють різні види будівельного скла – скляні блоки, профільне скло.



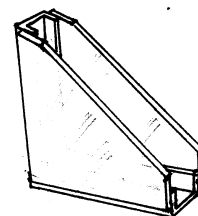
5. З листового скла виготовляють безпечне скло (загартоване, триплекс) для застосування автотранспорту і ін.



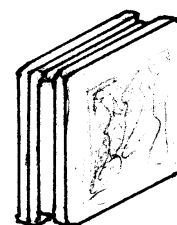
6. У харчовій і хімічній промисловості застосовують труби, апарати і реактори зі скла. Високоміцні скляні нитки, витягнуті із розплаву скла використовують для виготовлення технічних тканин – хімічно стійких, електро-, тепло-, звуко- і гідроізоляційних, а також як арматуру при виготовленні склопластиків і бетонів.



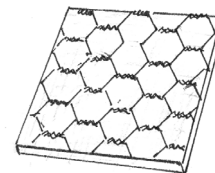
7. Скло будівельне – вироби зі скла, застосовувані у будівництві. Будівельне скло служить для скління світлових отворів, влаштування прозорих і напівпрозорих перегородок, облицювання й оздоблення стін, драбин та інших частин будинків.



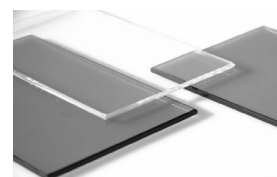
8. До будівельного скла відносять тепло- і звукоізоляційні матеріали (піноскло і скляна вата), скляні труби для водогону, каналізації та інших цілей, архітектурні деталі. Більшість будівельного скла служить для засклення світлових отворів: дзеркальних, рифлених, армованих, візерункових, двошарових, порожнистих блоків та інших.



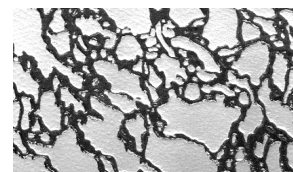
9. В будівництві скло та вироби зі скла застосовують для засклення світлових отворів, влаштування прозорих та напівпрозорих перегородок, оздоблення стін, драбин та інших частин будинків. До будівельного скла відносять також тепло- і звукоізоляційні матеріали (піноскло і скловата) та скляні труби.



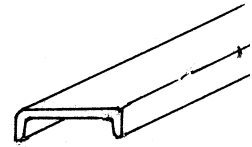
10. Поліроване будівельне скло має мінімальні оптичні спотворення, застосовується для засклення вітрин і віконних прорізів у громадянських будинках, для дзеркал тощо. З полірованого загартованого скла завтовшки 10–20 мм виготовляють скляні полотна для дверей.



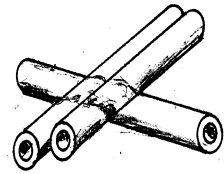
11. Візерункове будівельне скло має з одного боку рифлену візерункову поверхню, отриману шляхом прокатування між двома валками, один з яких рельєфний. Візерункове будівельне скло з матовим чи «морозним» малюнком призначається для розсіювання світла. Таке скло використовують для засклення сходових клітин, внутрішніх перегородок.



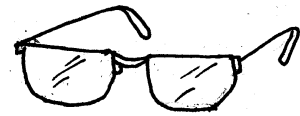
12. Профільоване будівельне скло – скло з профілем швелерного чи коробчатого типу. Застосовується як стіновий матеріал (гаражі, кіоски, автобусні зупинки тощо.).



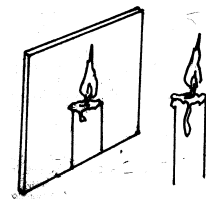
13. Скляні труби застосовують у ролі трубопроводів на заводах хімічної та харчової промисловості й сільському господарстві; характеризуються підвищеною корозійною стійкістю. Втрати на тертя при протікання рідини в скляних трубах на 22% нижчі, ніж в нових чавунних, і на 6,5% нижчі, ніж в нових сталевих. Скляні труби випускаються з внутрішнім діаметром від 38 до 200 мм.



14. Скло оптичне – прозоре скло будь-якого хімічного складу, що має високий рівень однорідності. Містить 46,4% PbO, 47,0% SiO<sub>2</sub> та інші оксиди. Оптичне скло застосовується для виготовлення лінз, призм, кювет та інших виробів.



15. Дзеркальне скло обробляється шліфуванням і поліруванням по обидва боки. Сучасний найбільш розповсюджений спосіб виробництва дзеркального скла полягає у горизонтальному безупинному прокатуванні скломаси між двома валками.



16. Свинцеве скло (криштал) містить значну кількість оксиду свинцю PbO. Воно досить м'яке і плавке, але важке. Відрізняється сильним блиском і високим коефіцієнтом світлопереломлення, розкладаючи світлові промені на усі барви веселки. З кришталевого скла виготовляють високоякісний посуд.



### *Контрольні питання*

1. Як отримують скло?
2. З яких компонентів виготовляють скло?
3. Що входить до складу скла?
4. Назвіть основні властивості скла.
5. Які є різновиди виробів зі скла?
6. Назвіть недоліки скла.
7. Яке скло отримують при значній кількості оксиду свинцю в складі?



## *Тести першого модуля*

1. Як називається відношення маси тіла до об'єму, який воно займає: а) густина; б) міцність; в) адгезія; г) твердість?
2. До яких властивостей відноситься адгезія: а) фізичних; б) механічних; в) технологічних; г) хімічних?
3. До яких властивостей відноситься вогнетривкість: а) фізичних; б) механічних; в) технологічних; г) хімічних?
4. Як називається властивість матеріалу легко розтікатися і заповнювати повністю форму для лиття: а) в'язкість; б) текучість; в) рідкотекучість; г) розтікання?
5. Як називається здатність передавати через свою товщину тепловий потік: а) теплоємність; б) вогнестійкість; в) теплопровідність; г) тепловий потік?
6. Як називається здатність матеріалу витримувати без руйнування вплив високих температур: а) адгезія; б) вогнетривкість; в) вогнестійкість; г) теплоємність?
7. Як називається властивість матеріалу чинити опір проникненню в нього інших тіл: а) міцність; б) твердість; в) пружність; г) пластичність?
8. Як називається властивість матеріалу деформуватися без руйнування при дії зовнішніх сил: а) ковкість; б) витривалість; в) в'язкість; г) пластичність?
9. Як називається властивість матеріалу чинити опір руйнуванню від сил, які періодично повторюються: а) витривалість; б) ковкість; в) в'язкість; г) пружність?
10. Як називається властивість матеріалу створювати міцні з'єднання: а) міцність; б) стійкість; в) зварюваність; г) витривалість?
11. Із скількох основних частин складається дерево, що росте: а) трьох; б) чотирьох; в) п'яти; г) шести?
12. Як називається характерний малюнок, який утворюється на розрізі деревини: а) верства річна; б) текстура; в) промені серцевинні; г) шпон?
13. Що можна визначити за кількістю річних верств: а) породу дерева; б) текстуру; в) вік дерева; г) сорт деревини?
14. Як називається багат шаровий матеріал деревини, виготовлений шляхом склеювання шпона: а) текстура; б) стовбур; в) шпон; г) фанера?
15. Від якого дерева дуже важко відрізнити смереку: а) ялини; б) сосни; в) берези; г) модрина?
16. Деревина якого дерева високо ціниться за міцність, твердість, пружність: а) бук; б) дуб; в) липа; г) клен?
17. З яких порід деревини виготовляють художні вироби: а) ясен; б) горіх; в) бук; г) ялина?

18. Як називається широка рівна стружка деревини: а) шпон; б) фанера; в) модрина; г) ДСП ?
19. З яких матеріалів отримують пластичні маси: а) полімерів; б) каучуку; в) гуми; г) азбесту?
20. Як називаються пластмаси, які здатні формуватися від нагрівання тільки один раз (вдруге вони не розм'якшуються: а) терморективні; б) термопластичні; в) термостійкі; г) вогнестійкі?
21. Що є головною складовою пластмас: а) пластифікатори; б) стабілізатори; в) затверджувачі; г) полімери?
22. Як називається продукт полімеризації етилену ( $\text{CH}_2\text{-CH}_2$ ): а) вініпласт; б) поліетилен; в) поліамід; г) поліпропілен?
23. Як називається напівпрозорий, рогоподібний, тривкий поліетилен: а) вініпласт; б) полікарбонат; в) фторопласт; г) ебоніт?
24. Як називаються високомолекулярні матеріали з каучуку; а) фторопласт; б) вініпласт; в) полікарбонат; г) гума?
25. На що витрачається понад половину виробів з гуми: а) прокладки; б) шини; в) труби; г) камери?
26. Як називається штучний кам'яний будівельний матеріал, що являє собою стужавілу суміш в'язучих, заповнювачів та ін.: а) цемент; б) пісок; в) бетон; г) щебінь?
27. Як називається гідравлічна в'язуча речовина, отримана шляхом тонкого помелу клінкеру: а) цемент; б) пісок; в) бетон; г) щебінь?
28. Чим характеризується міцність бетону: а) маркою; б) номером; в) графою; г) колонкою?
29. Як називається поєднання двох матеріалів – бетону й арматури: а) арматуробетон; б) залізобетон; в) цементний розчин; г) залізорозчин?
30. Яке призначення попередньо розтягнутої арматури: а) захист від тріщин; б) збільшення тріщин; в) зменшення діаметра арматури; г) зменшення кількості цементу?
31. Як називаються залізобетонні конструкції, які створюються безпосередньо на об'єкті: а) збірні; б) напівзбіжні; в) монолітні; г) напівмонолітні?
32. Як називаються штучно створені матеріали, що складаються з двох або більше хімічно різних компонентів: а) наповнювачі; б) зв'язувальні; в) композитні; г) зміцнювальні?
33. Яку роль забезпечує в композитних матеріалах матриця: а) пластичність; б) міцність; в) граничну; г) з'єднувальну?
34. Металевий композитний матеріал на основі алюмінію при виготовленні: а) виплавляють; б) зварюють; в) клеять; г) спікають?
35. Як називається багатокомпонентний твердий матеріал, в якому один із компонентів має розміри 0,02–0,07 мкм: а) композити; б) нанокompозити; в) суперкомпозити; в) матричні; г) керамічні?

36. Як називаються неметалеві матеріали, здатні витримувати високу температуру: а) вогнетривки; б) вогнезалежність; в) прогартованість; г) стійкість?
37. Кислі вогнетривки мають високий вміст: а) магнезиту; б)  $\text{SiO}_2$ ; в)  $\text{CaO}$ ; г) доломіту?
38. Як називаються кремнеземисті вогнетривки, що являють собою кварцові породи (містять близько 94% окису кремнію) на вапняній зв'язці. Вогнетривкість їх  $1700\text{--}1710^\circ$ : а) шамотні матеріали; б) динасові матеріали; в) доломітові матеріали; г) графітові?
39. Яка вогнетривкість динасових матеріалів: а)  $1700\text{--}1710^\circ$ ; б)  $1920\text{--}2000^\circ$ , в) не менше  $1670^\circ$ ; г)  $1920\text{--}2300^\circ$ ?
40. Які вогнетривкі матеріали і виробни завдяки невеликій вартості застосовують дуже широко: а) шамотні; б) динасові; в) доломітові; г) магнезитові?
41. Як називаються вогнетривки, що містять більше 90%  $\text{MgO}$ , мають вищу за  $2000^\circ\text{C}$  вогнетривкість: а) шамот; б) азбест; в) динас; г) магнезит?
42. Як називається мінерал класу силікатів, що утворює тонковолокнисті агрегати: а) мінвата; б) графіт; в) азбест; г) корунд?
43. Корундові вогнетривки складаються в основному з оксиду: а) кремнію; б) хрому; в) алюмінію; г) магнію?
44. Динасові вогнетривки містять близько 94% оксиду: а) кремнію; б) хрому; в) алюмінію; г) магнію?
45. Карборундові вогнетривки складаються в основному з оксиду: а) кремнію; б) хрому; в) алюмінію; г) магнію?
46. Які теплоізоляційні матеріали однакової пористості мають вищий термічний опір: а) які мають сполучені між собою пори; б) в яких пори закриті; в) в яких повітря вільно переміщається; г) в яких порожнин немає?
47. Як називається теплоізоляційний матеріал, для виробництва якого служить суміш тонко подрібненого скла з газоутворювачем: а) піноскло; б) піновапно; в) скляна вата; г) спучений перліт?
48. З якого металу виготовляють фольгу для відбивної теплоізоляції поверхонь: а) заліза; б) алюмінію; в) міді; г) титану?
49. Як називається найрозповсюдженіший прокладний матеріал фланцевих з'єднань: а) картон; б) шкіра; в) гума; г) азбест?
50. До якої температури у середовищі водяної пари теплотехнічна гума здатна зберігати свої властивості, до: а)  $90^\circ$ ; б)  $100^\circ$ ; в)  $120^\circ$ ;  $140^\circ$ ?
51. До якої температури застосовується пароніт для ущільнення з'єднань: а)  $450^\circ$ ; б)  $500^\circ$ ; в)  $600^\circ$ ;  $800^\circ$ ?
52. До якої температури графітова замазка дозволяє ущільнювати різьбове з'єднання: а)  $100^\circ$ ; б)  $120^\circ$ ; в)  $150^\circ$ ;  $200^\circ$ ?

53. Яке призначення стрічки ФУМ: а) виготовлення прокладок; б) ущільнення різьбових з'єднань; в) як сальникова набивка; г) ущільнення розтрубів?
54. Якщо твердість алмазу прийняти за 100%, то яка твердість карбіду кремнію: а) 90%; б) 70%; в) 50%; г) 35%?
55. За твердістю абразиви поділені на класи, Який із наведених найтвердіший: а) М1; б) СТ3; в) НТ2; г) М3?
56. Як умовно поділяють абразивзернистість розміром 63 – 14 мкм: а) шліфзерно; б) шліфпорошок; в) мікропорошок; г) тонкий мікропорошок?
57. Яка основна речовина входить в склад скла: а) карбід заліза; б) оксид кремнію; в) карбід кальцію; г) оксид фосфору?
58. Як називається прозоре скло, що має високий рівень однорідності: а) оптичне; б) узорчате; в) будівельне; г) кольорове?
59. Як називають скло, що містить значну кількість оксиду свинцю: а) дзеркальне; б) кришталі; в) оптичне; г) кольорове?
60. Що роблять видуванням розплаву гірських порід: а) азбест; б) мінеральну вату; в) вермикуліт?
61. Який матеріал виготовляють подрібненням і прискореним випалюванням гірських порід: а) азбест; б) вермикуліт; в) цемент; г) гіпс?
62. Як називають гуму, до складу якої, крім звичайних складових, входить азбест: а) маслостійка; б) теплостійка; в) водостійка; г) бензостійка?
63. Що зі складових бетону займає до 80% об'єму і утворює його жорсткий каркас: а) цемент; б) вода; в) пісок; г) щебінь?
64. Як називається дрібний заповнювач бетону: а) цемент; б) пісок; в) щебінь; г) гравій?
65. Як називається зернистий теплоізоляційний матеріал лускоподібної будови, що одержується в результаті випалу слюди: а) керамзитобетон; б) вермикуліт; в) вапняк; г) азбест?
66. Що є показником міцності бетону; а) марка; б) осідання конуса; в) тривалість вібрації; г) сорт?
67. Як називають листовий матеріал сірого кольору товщиною 0,4 – 6 мм, що складається з азбестового волокна, гуми і спеціальних добавок а) толь; б) пароніт; в) пергамін; г) ебоніт?
68. Як називають кристалічну речовину сіро-сталевого кольору, м'яку і жирну на дотик, яка випускається у вигляді тонко розмеленого порошку: а) азбест; б) графіт; в) вермикуліт; г) вапно?
69. Який матеріал приготують шляхом випалювання суміші глини з вапняком, з наступним перемелюванням у порошок: а) вапно; б) цемент; в) азбест; г) вермикуліт?

## Частина 2 СПЕЦІАЛЬНІ СТАЛІ ТА СПЛАВИ

### Змістовий модуль 2

*Спеціальні сталі та сплави – це метали з особливими властивостями, які мають специфічні фізичні і хімічні властивості.*

### 3 ТЕПЛОТЕХНІЧНІ СПЛАВИ

*Сплави, які використовуються для виготовлення апаратів, пристроїв і ємностей в теплотехніці, які працюють під надлишковим тиском, на які діють високі температури, деталі обладнання для харчової і хімічної промисловості.*

#### 3.1 Жаростійкі сплави (навчальний елемент 13)

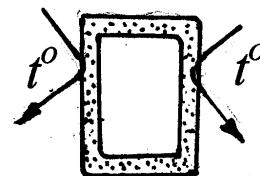
*Жаростійкість (окалиностійкість) характеризує опір металу окисленню при високих температурах.*

#### Цілі

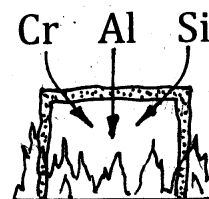
Засвоївши даний розділ, Ви володітиме інформацією щодо:

- визначення жаростійкості, стійкості окалини металевих сплавів;
- способів підвищення окалиностійкості сталей;
- використання жаростійких сплавів.

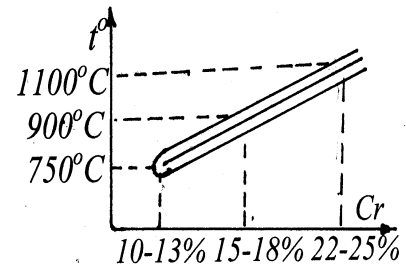
1. Під жаростійкістю (окалиностійкістю) сталей і сплавів прийнято розуміти сталі і сплави, що мають стійкість до хімічного руйнування поверхні в газових середовищах при високих температурах і працюють в ненавантаженому і слабонавантаженому станах. Жаростійкість залежить від непроникності і міцності плівки оксидів, які утворилися на поверхні сплавів у процесі газової корозії за високих температур.



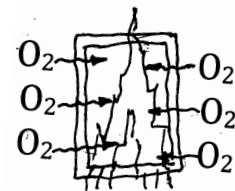
2. Для підвищення окалиностійкості сталь легують елементами, які зміцнюють склад і будову окалини. Так, в результаті введення в сталь відповідних кількостей хрому, алюмінію та кремнію в процесі окислення на поверхні утворюються міцні їх окисли. Утворена тонка плівка з таких оксидів утруднює процес подальшого окислення. Чим вищий вміст хрому, алюмінію або кремнію в сталі, тим вища її окалиностійкість і тим вищою може бути робоча температура.



3. Мінімальний вміст хрому, що забезпечує окалиностійкість, різний при різних температурах. Важливо і те, що окалиностійкість, яка суттєво залежить від складу сплаву, практично не залежить від його структури, тобто ця властивість структурно нечутлива. Сталі, що містять 10–13% Cr, мають гарну жаростійкість до температури 750 °С; які містять: 15–18 %Cr – до 900 °С; 22–25% Cr – до 1100 °С. Присадка до хромистих і хромонікелевих сталей і сплав алюмінію, кремнію й невеликої кількості титану, ніобію, берилію, ще більше підвищує жаростійкість



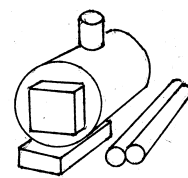
4. Жаростійкі (окалиностійкі) сталі й сплави характеризуються високою хімічною стійкістю до окиснення при високій температурі. Опір окисненню при високих температурах залежить від хімічного складу сталей і сплавів, стійкості окисних плівок, що утворюються на їхній поверхні, і сполуки газового середовища, у якому відбувається окиснення. Жаростійкі сталі й сплави близькі за основними складовими до корозійностійких сталей, але містять більшу кількість легуючих елементів і мають більш складну фазову сполуку. Зі збільшенням вмісту хрому підвищується окалиностійкість сталей.



5. Підвищенню жаростійкості сприяє утворення на поверхні металів і сплавів тугоплавких, щільних окисних плівок у результаті сполуки хрому, алюмінію, кремнію з киснем. Ці плівки щільно прикривають поверхню сплаву й перешкоджають двосторонній дифузії атомів кисню й металу.



6. Жаростійкі сталі (сплави) призначені для використання їх в машинобудуванні, літакобудуванні, ракетобудуванні, теплоенергетиці, металургії та багатьох інших галузях промисловості. У металургії жаростійку сталь використовують для виготовлення тиглів для соляних і металевих ванн. Крім того, з цієї сталі виготовляють вироби, що піддаються в процесі експлуатації дії металу або солей. Найважливішою характеристикою таких сталей є опір повзучості при високих температурах. Важливе значення має також опір окисненню (окалиностійкість).

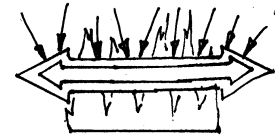


7. Жароміцні сплави мають бути і жаростійкими, в іншому випадку вони швидко «згорають», тобто перетворюються на окалину через швидке окиснення і деталі з них виходять з ладу. Навпаки, жаростійкі сплави не завжди бувають жароміцними. Наприклад, жаростійкі берилієві та алюмінієві бронзи не належать до числа жароміцних мідних сплавів; те ж можна сказати щодо високохромистих залізних і нікелевих жаростійких сплавів типу фехраль, ніхром та ін

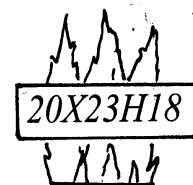
Ж.с. + Ж.м.



8. Жаростійкість характеризує опір металу окисненню при високих температурах. Початкова стадія окиснення сталі – чисто хімічний процес. Але подальший перебіг окиснення – вже складний процес, що полягає не тільки в хімічному з'єднанні кисню і металу, але і в дифузії атомів кисню і металу через багатофазний окислений шар. При щільній оксидній плівці швидкість наростання окалини визначається швидкістю дифузії атомів крізь товщину окалини, що в свою чергу залежить від температури і будови оксидної плівки. З підвищенням температури швидкість окиснення зростає і замість щільних оксидів типу  $Fe_2O_3$  і  $Fe_3O_4$  утворюється пухкий оксид  $FeO$ . Особливо низький опір окисненню мають тугоплавкі метали і їх жароміцні сплави, призначені для роботи при високих температурах.



9. Сталь, наприклад 20Х23Н18, відноситься до розряду жаростійких сталей хромонікелевого типу аустенітного класу. Вона має підвищену стійкість до високої температури. Хром і нікель, частка яких становить 22 – 25% і 17 – 29% відповідно, захищають конструкції, виготовлені з такої сталі від корозії при роботі в агресивних умовах. Сталь використовують у виробництві пічного обладнання (муфелі, екрани, безшовні труби, лопатки, форсунки пальників). Окисне середовище не впливає на вироби з цієї сталі включно до 1300 °С.



#### Контрольні питання

1. Як іще називають жаростійкий сплав?
2. Як називається стійкість сплаву до хімічного руйнування від високих температур в газових середовищах?
3. Від чого залежить жаростійкість?
4. Які легуючі елементи вводять в сталь для підвищення жаростійкості?
5. Де використовують жаростійкі сплави?
6. Наведіть приклад жаростійкої сталі хромонікелевого типу.

### 3.2 Жароміцні сплави (навчальний елемент 14)

Жароміцними називають сталі і сплави, здатні працювати під високими механічними навантаженнями при підвищених температурах

#### Цілі

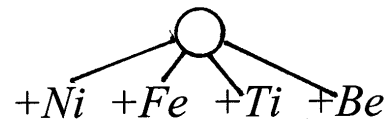
Засвоївши даний розділ, Ви володітиме інформацією щодо:

- визначення поняття жароміцні сплави;
- основних чинників жароміцності;
- жароміцних композитних матеріалів;
- використання жароміцних сплавів.

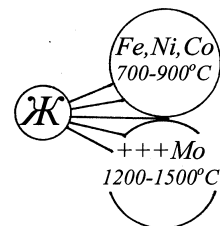
1. Жароміцні сплави, що мають високий опір повзучості і руйнуванню при високих температурах. Застосовуються як конструкційний матеріал для деталей двигунів внутрішнього згорання, парових і газових турбін, реактивних двигунів, атомно-енергетичних установок і інших виробів.



2. Жароміцні сталі класифікують за їх основою: нікелеві, залізні, титанові, берилієві і ін. Назва за основою дає уявлення про інтервал робочих температур, який залежно від прикладених навантажень і тривалості їх дії складає 0,4–0,8 температур плавлення основи. Різновидом жароміцних сталей є композиційні матеріали (сплави, зміцнені дисперсними частинками тугоплавких оксидів або високоміцними волокнами). Такі матеріали характеризуються надзвичайно високою стабільністю властивостей, мало залежних від часу перебування при високих температурах. Залежно від призначення жароміцних сталей виготовляють їх з підвищеним опором втомі і ерозії, з малою чутливістю до надрізів, термостійкі, призначені для експлуатації при значних, але короткочасних навантаженнях та ін.

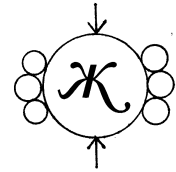


3. Жароміцні сталі завдяки порівняно невисокій вартості широко використовують у високотемпературній техніці. Їх робочі температури в межах 500–750 °С. Чим складніші сталі, тим вища їх легованість і вища жароміцність. Жароміцні сплави для роботи при високих температурах (до 700–900 °С) створюють на основі заліза, нікелю і кобальту, а для роботи при дуже високих (до 1200–1500 °С) – на основі молібдену та інших тугоплавких металів



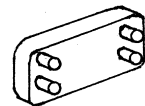


4. Жароміцність сплавів визначається двома основними фізичними чинниками – міцністю міжатомних зв'язків в сплаві і його структурою. Зазвичай необхідну для високої міцності структуру отримують термічною обробкою, що приводить до гетерогенізації мікроструктури, найчастіше дисперсійним твердненням. В цьому випадку зміцнення обумовлене головним чином появою в сплавах рівномірно розподілених дуже дрібних частинок хімічних сполук (інтерметалоїдів, карбідів і ін.) і мікроспотвореннями кристалічної решітки основи сплаву, викликаними наявністю цих частинок.

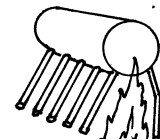


5. Жароміцні сталі та сплави використовують для виготовлення деталей котлів, газових турбін, реактивних двигунів тощо, що працюють при високих температурах і навантаженнях, наприклад:

- X5, X17, 4X9C2, 3X13H7C2 – теплообмінники, труби піролізних установок;



- 15XM, 25X2MФ – труби пароперегрівачів, арматура парових котлів;



- 2X13, 2X12ВМБФ – лопатки парових турбін;



- ХН6ОЮ – листові деталі турбін.



6. Проблема захисту жароміцних сплавів від окиснення полягає в легуванні елементами, які сприятливим чином змінюють склад і будову окалини. Тонка плівка з цих оксидів ускладнює процес подальшого окиснення. Чим вищий вміст хрому, алюмінію або кремнію в сталі і тим вище може бути робоча температура.



### Контрольні питання

1. Як називають сплави, здатні працювати під високими механічними навантаженнями при підвищених температурах?
2. Від чого залежить жароміцність?
3. Які легуючі елементи вводять в сталь для підвищення жароміцності?
4. Де використовують жароміцні сплави?
5. Наведіть приклад використання жароміцної сталі.

### 3.3 Котлотурбінні сплави (навчальний елемент 15)

Для виготовлення паропроводів, пароперегрівачів та деталей, які піддаються довготривалим механічним діям при помірно високих температурах, використовують котлотурбінні сталі.

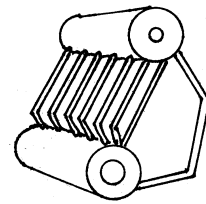
#### Цілі

Засвоївши даний розділ, Ви володітиме інформацією щодо:

- вимоги, які висуваються до котлотурбінних сплавів;
- вибору металів та сплавів при виготовленні котлів;
- використання котлотурбінних сплавів.

1. Котельні сталі, що використовуються, наприклад, для труб пароперегрівачів, паропроводів тощо повинні задовольняти такі вимоги:

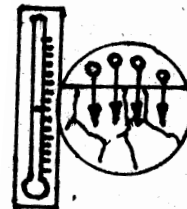
- мати добрі технологічні властивості (високу пластичність, добру зварюваність, не потребувати складних способів термообробки);
- не містити великої кількості дефіцитних легуючих елементів;
- в умовах тривалої експлуатації мати стабільні міцнісні параметри і не мати схильності до теплової крихкості.



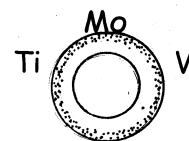
2. Котли низького і середнього тиску (до 6 МПа) з температурою нагрівання не вище 450 °С повністю виготовляють з низьковуглецевої сталі (Ст2, Ст3, Сталь 20).



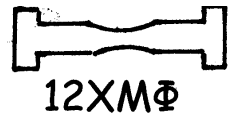
3. Для труб пароперегрівників, паропроводів, що працюють при більш високих температурах (540–560 °С) використовують низьковуглецеві леговані сталі перлітного класу. Як легуючий елемент, що значно підвищує опір повзучості сталей перлітного класу, використовують молібден. Разом із молібденом в цих сталях повинен бути хром (0,5–1%), який підвищує жаростійкість і стійкість структури при високих температурах. Для підвищення опору повзучості в котлотурбінні сталі додають ванадій і вольфрам.



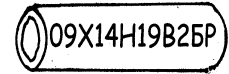
4. При виборі матеріалу для виробів, які працюють при високих температурах, слід правильно виявити температурний інтервал, строк служби виробу, вплив факторів, які послаблюють їх конструкційну міцність. Більшість цих деталей у своєму складі мають Мо. Вміст Ті підвищує опір міжкристалітної корозії.



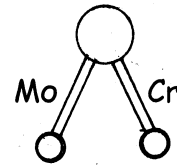
5. Жароміцність вуглецевої сталі покращується при добавленні легуючих елементів. Межа повзучості сталі 12ХМФ в порівнянні зі сталлю 15 збільшується в 3 рази при одночасному підвищенні температури на 50 °С.



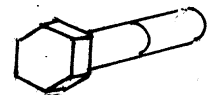
6. Значно більш високу жароміцність мають сталі аустенітного класу типу 09Х14Н19В2БР, вони використовуються для котлів надвисокого тиску, але коштують значно дорожче.



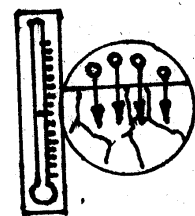
7. Введення молібдену в невеликій кількості в сталі перлітного класу збільшує температуру рекристалізації фериту і тим самим підвищує жароміцність. Трохи слабшу дію має хром. Присадка ванадію подрібнює зерно, а також підвищує жароміцність.



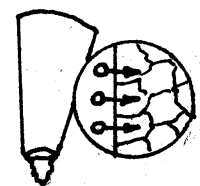
8. Нормалі (кріпильні деталі) авіадвигунів та паро- та газотурбінних установок виготовляють із жароміцних нержавіючих сталей. А саме: болти, гайки, штифти, кутики виготовляють з таких марок як: – 10Х11Н23ТМР, ХН73МБТЮ, 12Х18Н10Т, 15Х16К5Н2МВФАБ-Ш, 13Х11Н2В2МФ, та ін. Крім того, вироби з них піддають хромуванню або наносять інше захисне покриття. Всі ці деталі виготовляють із жароміцних, окалиностійких та теплостійких сталей.



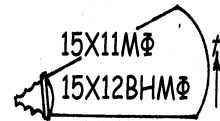
9. При виборі матеріалу для виробів, які працюють при високих температурах, слід правильно виявити температурний інтервал, строк служби виробу, вплив факторів, які послаблюють їх конструкційну міцність. Більшість цих деталей у своєму складі мають Мо, а сталі з вмістом менше 1% Мо мають більш високі характеристики жароміцності. Вміст Ті підвищує опір міжкристалітної корозії. Сталі з V не схильні до окрихчування і при довготривалому старінні їх ударна в'язкість змінюється незначно.



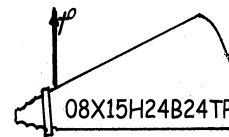
10. Складнолеговані хромисті (10–12 %), нержавіючі та теплостійкі сталі мають ще більш високі характеристики жароміцності, саме тому їх використовують для виготовлення деталей в паро- та газотурбінних установках авіаційних двигунів. Зіставлення характеристик жароміцності хромистих сталей на основі феритного та аустенітного твердих розчинів вказує на значні переваги останніх, коли деталі працюють при високих температурах (вище 500–600 °С).



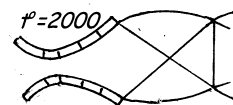
11. Сплави для газових турбін. Вимоги до сталей, які використовуються для виготовлення лопаток: сталі повинні мати високу корозієстійкість, високий опір повзучості, підвищену жорсткість. Ці вимоги задовільняють: 15X12ВНМФ, 15X11МФ та ін.



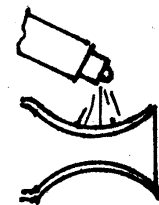
12. Лопатки газових турбін, сопла камер згоряння (диски турбін) працюють в більш жорстоких умовах, робоча температура 750–800 °С. Для їх виготовлення використовують сталі з високим опором повзучості (08X15H24B24TP = 280 Мпа).



13. Для захисту корпусів космічних ракет (при входженні в атмосферу розвиваються високі температури) використовують покриття пластинками із нітридів і карбідів металів, які здатні витримувати температури вище 2000 °С.



14. При ще більш високих температурах працюють камери згоряння, сопла ракет. Їх покривають пластинками з графіту ( $T_{пл} = 3500$  °С), але графіт має низьку ерозійну стійкість (вигоряє). Тугоплавкі карбіди з високою температурою плавлення: ZrC – 3530, TaC – 3880 °С, HfC – 3900 °С. Їх наносять плазмовим напиленням або кріплять у вигляді пластинок.



#### *Контрольні питання*

1. Як називаються сплави, з яких виготовляють паропроводи та деталі, які піддаються довготривалим механічним діям при помірно високих температурах?
2. Які вимоги повинні задовольняти котельні сталі?
3. З яких сталей виготовляють котли низького і середнього тиску (до 6 МПа) з температурою нагрівання не вище 450 °С?
4. Які легуючі елементи добавляють в котлотурбінні сталі для підвищення опору повзучості?
5. Із яких сталей виготовляють болти, гайки, штифти паро- та газотурбінних установок?
6. Які фактори необхідно враховувати при виборі матеріалу для виробів, що працюють при високих температурах?
7. Які вимоги висуваються до сталей, які використовуються для виготовлення лопаток газових турбін?
8. Чим покривають сопла космічних ракет?

## 4 СТАЛІ МАШИНОБУДІВНІ

*Машинобудівні сталі і сплави – це метали, які використовують для виготовлення різних деталей, механізмів і конструкцій в машинобудуванні та характеризуються певними механічними, фізичними і хімічними властивостями.*

### 4.1 Конструкційні сталі (навчальний елемент 16)

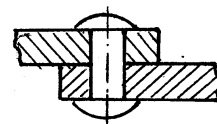
*Конструкційними сталями називаються сталі, призначені для виготовлення деталей машин (машинобудівні), конструкцій та споруд (будівельні).*

#### Цілі

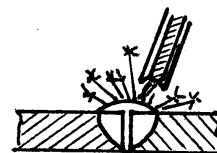
Засвоївши даний розділ, Ви володітимете інформацією щодо:

- визначення поняття «конструкційні сплави»;
- використання конструктивних сталей;
- сталей, які зміцнюються в поверхневому шарі.

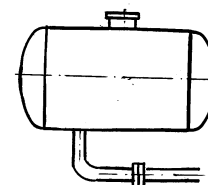
1. Машинобудівні сталі загального призначення використовуються у всіх областях машинобудування: вали, осі, черв'ячні колеса і т. д. Найбільш важливою характеристикою, за якою вибираються такі сталі, є механічні властивості. Вміст вуглецю визначає властивості сталей і коливається від 0,05 до 0,65 %. Легуючі елементи визначають в основному здатність прокалюватися і гартуватися.



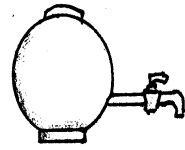
2. Конструкційні сталі, які використовуються для виготовлення апаратів, пристроїв і ємностей в теплотехніці, особливо ті, які працюють під надлишковим тиском, повинні містити не більше 0,3% вуглецю при використанні електрозварювання.



3. Деталі апаратів і ємностей, в яких робочим середовищем є пара, конденсат, масло, нафта і повітря виконуються з вуглецевих сталей, при умові, що вони не мають прямого контакту з більш агресивним середовищем (морська вода, пари і розчини кислот і лугів). Для зварних сталевих корпусів апаратури, днищ, кришок та інших деталей, що працюють під надлишковим тиском, використовують, як правило, сталь марки Ст.3, а для менш відповідальних деталей – Ст.2. Для сталевих трубних дощок, фланців тощо в більшості випадків рекомендується використовувати Ст.4, рідше Ст.5.



4. Деталі апаратів, що потребують підвищеної міцності або необхідної та достатньої корозійної стійкості, ті, на які діють високі температури, деталі обладнання для харчової і хімічної промисловості, там, де це необхідно, виготовляють з нікелевих, хромонікелевих або більш високолегованих сталей з відповідними фізичними, хімічними і механічними властивостями.

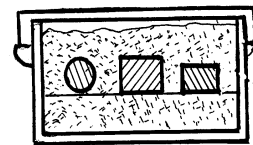


5. Сталі, що використовуються без термообробки. Це сталі в листах для штампування, витяжки, видавлювання, і т. д. Вони випускаються легованими і слаболегованими. Можуть мати підвищений вміст кремнію, який знижує в них міцність. Леговані машинобудівні сталі більше страждають від цього ефекту, тому вміст кремнію у високолегованих машинобудівних сталях повинен бути незначним.

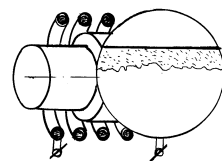


6. Сталі, що зміцнюються в поверхневому шарі. Це сталі для деталей, що працюють в умовах підвищеного зношування і при динамічних навантаженнях. Їх характерною особливістю є те, що вони зберігають в'язку серцевину після гартування. Поділяються на:

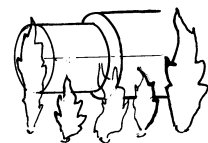
- сталі, що цементуються. Ці сталі мають низький вміст вуглецю до 0,3%. Після цементації вони гартуються з досягненням високої твердості тільки в поверхневому шарі. Серцевина таких сталей залишається в'язкою. Вміст вуглецю в поверхневому шарі до 0,8%. Приклади таких сталей: Ст 20, 15Х, 15ХФ, 15Х2Н4А, 18ХГТ;



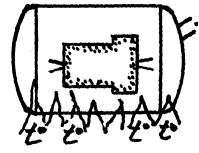
- ті, що гартуються з індукційного нагрівання. Вміст вуглецю 0,5 – 0,65 % і при індукційному нагріванні і швидкому охолодженні поверхня цих сталей гартується. Зносостійкість їх нижча, ніж в цементації, але опір напруженню вищий. Марки: Ст 45, 55, 60, 45Х, 50Х;



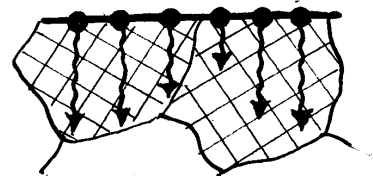
- сталі пониженого прогартування, (прогартуваність – це глибина проникнення загартованої зони). Мають 0,1–0,6% С і приймають гартування. Але завдяки пониженному вмісту Mn і Si і гартуються лише в поверхневому шарі. Розподіл твердості по перерізу рівномірний. Використовуються тільки при високих навантаженнях. Марки: 55 ПП, 58 ПП, 47 ГТ;



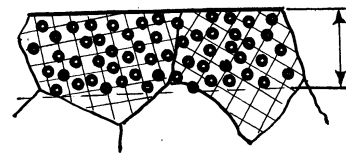
- сталі, що азотуються. Через особливості взаємодії з азотом, що дифундує при азотуванні, використовують сталі леговані хромом і алюмінієм. Вони мають 0,35–0,5% С, високу зносостійкість і твердість (HRC – 69–71). Найкращими сталями для азотування є 38ХМ10А, 30ХТ2М, 40ХНМА, з яких виготовляють стакани циліндрів і шестерні відповідального призначення.



7. Сталі, що покращуються (зміцнюються по перерізу). Це сталі, які приймають гартування і містять 0,35 % С – (вуглецеві і малолеговані) та 0,2–0,3 % С – (середньо- і високолеговані). Оскільки здатність зміцнюватися на певну глибину визначається впливом легуючих елементів, то вона не однакова для всіх сталей цього типу. Такі сталі мають низьку міцність в деталях малого перерізу, а в деталях великого перерізу вона суттєво відрізняється.



8. При гартуванні швидкість охолодження найбільша на поверхні виробу, а найменша в його середині. Виріб не прогартується наскрізь, коли фактична швидкість охолодження в середині виробу менша за критичну швидкість гартування.



### *Контрольні запитання*

1. Як називають сталі, призначені для виготовлення деталей машин?
2. Як називають сталі, призначені для виготовлення конструкцій та споруд?
3. Який вміст вуглецю повинен бути в сталях, з яких виконані конструкції зварюванням?
4. З яких сталей виготовляють деталі обладнання для харчової промисловості?
5. Як називається зміцнення сталі в поверхневому шарі?
6. Які сталі зміцнюються в поверхневому шарі?
7. Яка мета цементації?
8. Що таке прогартування?
9. Які сталі є найкращими для азотування?

## 4.2 Сталі і сплави спеціального призначення

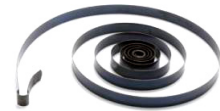
Такі сталі працюють в строго визначених умовах, наприклад на холоді, при нагріванні, при динамічних і гідроабразивних навантаженнях, або для спецпризначення в машинах і приладах.

### Цілі

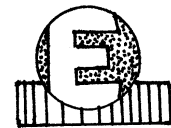
Засвоївши даний розділ, Ви володітиме інформацією щодо:

- визначення умов, при яких працюють спеціальні сталі;
- основних марок сплавів, що працюють в конкретних умовах;
- деталей, що працюють в спеціальних умовах.

1. Сталі особливо високої міцності і в'язкості. Це сталі, які зміцнюються в результаті мартенситного перетворення. Вони практично безвуглецеві і складнолеговані нікелем, кобальтом, молібденом, титаном і берилієм. Як правило, такі сталі стійкі проти корозії, теплостійкі і дорогі: Н18К9М5Т – шестерні, вали, корпуси ракет; Н10Х12Д2Т – деталі хімапаратури, пружини; Н4Х12К15М4Т – деталі теплоенергетичних установок (500 °С), гарячі штампи.



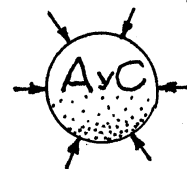
2. Дисперсійно твердіючі аустенітні сталі 10Х18Н12Т, 08Х15Н24В4ТР, 09Х14Н19В2БР, що призначені для виготовлення пароперегрівачів і трубоприводів силових установок високого тиску, що працюють при 600–700 °С, використовують в загартованому стані. Після гартування такі сталі мають помірну міцність і високу пластичність.



3. Для отримання структури аустеніту сталі повинні містити велику кількість хрому, нікелю і марганцю. Для досягнення високої жароміцності їх додатково легують Мо, W, V, Nb і В. Аустенітні сталі пластичні, добре зварюються, однак гірше обробляються різанням, ніж інші групи сталей. Зварний шов має підвищену крихкість і уникнути цього недоліку за допомогою термообробки не вдається.

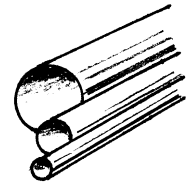


4. Сплави із особливими фізичними властивостями розділяють на такі види: а) з малим і заданим коефіцієнтом лінійного розширення, марки: 36Н (інвар), 32НКД (суперінвар), 29НК (ковар), 47НД (платиніт). Їх використовують для зварювання зі склом (36Н) тощо; б) з модулем пружності, що не залежить від температури (елінвари), марки 36НХ, 42НХТЮ, 44НХТЮ, для виготовлення пружних елементів і пружин точних приладів.



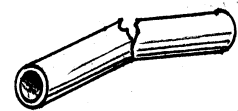


5. Нержавіюча сталь – стійка до корозії у атмосфері та агресивних середовищах. Стійкість досягається легуванням. Основний легуючий елемент нержавіючої сталі – хром (12 – 20%). Сплави з понад 12% хрому не ржавіють у звичайних умовах. Нержавіючі сталі 12Х18Н10Т чи 10Х17Н13М2Т мають високу корозійну стійкість у великому діапазоні агресивних середовищ.



6. Особливу корозійну стійкість в азотній кислоті високої концентрації і високий опір корозії після зварювання мають аустенітні сталі з низьким вмістом вуглецю (0,3Х18Н12 і 0,3Х19Н11). Це дозволяє використовувати їх для виготовлення хімічної апаратури, яка працює в агресивних середовищах.

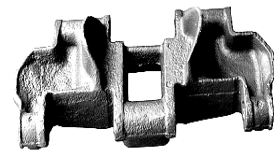
7. Високу корозійну стійкість в органічних кислотах (молочна, щавлева, оцтова), мають хромонікелеєві сталі з молібденом (0,8Х17Н13М2Т, 10Х17Н13М2Т, 0,8 Х18Н13М3Т, 0,8 Х17Н15М3Т). Однак такі сталі більш крихкі при нагріванні до 600–700 градусів. Наявність феритної фази знижує їх корозійну стійкість до азотної кислоти у високих концентраціях.



8. Криогенні сталі використовуються для відповідальних деталей, що працюють при низьких температурах. Прикладами таких сталей є: 0Н6А, 0Н9А, 0Х23Н18, температура їх служби від -196 (перші дві) до -296 °С. З таких сталей виготовляють циліндричні і сферичні резервуари для зберігання і транспортування зріджених газів.



9. Зносостійкі сталі. Використовуються частіше в литому або кованому вигляді. Загальна технологічна особливість – понижена оброблюваність різанням. В процесі роботи виробів з таких сталей, що піддаються кавітаційній ерозії, деформація і руйнування поверхневих шарів приводять до того, що на поверхні деталей під дією гідравлічних ударів утворюється новий шар мартенситу, який має високу міцність. З марок 0Х14АГ12, 30Х10Г10 виготовляють лопаті гідротурбін, і гідронасосів, суднових трубних гвинтів, а марки Г13, 110Г13Л використовуються для траків гусениць, черпаків землерийних машин.



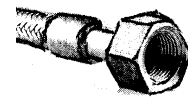
10. Підшипникові сталі повинні бути дуже твердими й зносостійкими. Вони в роботі сприймають великі знакозмінні навантаження. В позначенні марок цих сталей: літера Ш на початку марки означає підшипникова; літера Х – легована хромом; цифри – масова частка хрому 4; 15; 20 (0,4; 1,5; 23,0 %).



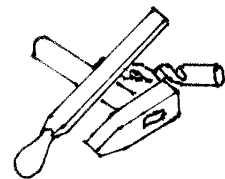
11. Пружинні сталі мають високий опір малим пластичним деформаціям й високу границю пружності. Ці властивості набувають шляхом гартування й середньо температурного відпуску при температурі 420 °С (65С2ВА, 50ХФА).



12. Автоматні сталі призначені для обробки на станках-автоматах і мають підвищений вміст сірки і марганцю. В такі сталі добавляють свинець, це підвищує швидкість різання. Використовуються, в основному, для деталей, що виготовляються великими партіями різанням на станках-автоматах (гвинти, гайки, болти). В марці перед цифрами вмісту вуглецю вказують букву А, або АС (свинцеві): А12, АС35Г2. Можуть бути і з кальцієм: АЦ45Х. Автоматні сталі обробляються твердосплавним інструментом, і мають понижені механічні властивості.



13. Інструментальні сталі – досить широкий клас різних сталей, які використовуються для виготовлення різного інструмента. Ці сталі мають високу твердість, зносостійкість та міцність. Всі інструментальні сталі поділяються на: сталі підвищеної твердості – для металоріжучих інструментів У10А, ХВСГ, 13Х, У13. Сталі Р12Ф4К5 (ЭП600) – для різання жароміцних нержавіючих сталей. Сталі підвищеної в'язкості – деревообробні і штампові сталі У7, У7А, 6ХС(0,65), 6ХЗФС, 4Х4М2ВФС.



14. Швидкорізальна сталь має широке розповсюдження для виготовлення різного інструмента (різці, свердла, фрези і т. п.). Маркують її літерою Р, (rapid – швидкий). Цифри після літери Р показують середню масову частку вольфраму в цілих процентах, а цифри після літер Ф, К і М – масову частку відповідно ванадію, кобальту й молібдену.



#### *Контрольні запитання*

1. Як називають сплави, здатні працювати в строго визначених умовах?
2. В яких умовах працюють сталі спеціального призначення?
3. Де використовують сталі особливо високої міцності і в'язкості?
4. Де використовують дисперсійно твердіючі аустенітні сталі

### 4.3 Корозійностійкі сталі (навчальний елемент 18)

Корозія металів – процес хімічного руйнування металів і сплавів при їх взаємодії із зовнішнім середовищем: повітрям, водою, розчинами електролітів тощо.

#### Цілі

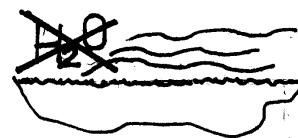
Засвоївши даний розділ, Ви володітимете інформацією щодо:

- визначення поняття «корозія металів та сплавів»;
- видів корозії;
- основи теорії корозії;
- методів захисту від корозії.

1. Корозією називають руйнування металу під дією зовнішнього середовища. При цьому деякі сталі покриваються продуктами корозії (іржею). В результаті дії зовнішнього середовища механічні властивості сталей можуть різко погіршуватись навіть при відсутності видимих змін на поверхні деталі. Корозію поділяють на хімічну і електрохімічну.

іржа

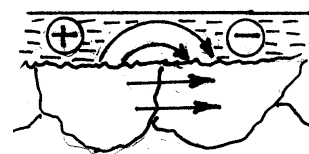
2. Хімічна корозія: руйнування металу в цьому випадку не супроводжується виникненням електричного струму. Хімічна корозія спричиняється дією на метал сухих газів і неелектролітів й не супроводжується появою електричного струму.



3. Газова корозія – процес руйнування металів і сплавів в результаті хімічної взаємодії з газами при підвищенні температури. Причина газової корозії сталей і сплавів – їх термодинамічна нестабільність в даному газовому середовищі при відповідних параметрах середовища (температурі і тиску). Найпоширеніший випадок газової корозії – процес взаємодії металу з киснем повітря.



4. Електрохімічна корозія: щоб протікала електрохімічна корозія потрібен контакт металу із розчином електроліту. В сталі є залізо і домішки. При контакті з електролітом на поверхні сплаву утворюються гальванічні мікропарі, замкнуті накоротко через сам метал, при цьому метал, який легше віддає електрони, слугує анодом і руйнується в процесі роботи гальванічного елемента.



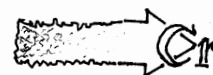
5. Внаслідок цих реакцій метал ржавіє (кородує). Чим вище стоїть хімічний елемент в ряду електродних потенціалів, тим швидше він ржавіє. Електрохімічна корозія поділяється на:



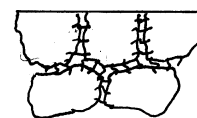
- атмосферну корозію – руйнування металів і сплавів в атмосфері і в середовищах вологих газів в результаті хімічного і електрохімічного процесів;
- корозію металів в ґрунті (трубопроводи, ємності, опори тощо). Агресивні властивості ґрунту визначаються пористістю, вологістю, електропровідністю, присутністю розчинених солей;
- біокорозію – мікроорганізми впливають на катодні або анодні електрохімічні процеси, змінюють фізико-хімічні характеристики ґрунту, руйнують захисні покриття;
- корозію в морській воді, яка зумовлюється присутністю в ній  $O_2$  і хлоридів металів, які запобігають утворенню ефективних захисних плівок;
- корозію під дією блукаючих струмів, які вносять в ґрунт негативний потенціал рейок трамваїв і електричок, електрозварювальних апаратів постійного струму, установок катодного захисту.

6. За впливом електрохімічної корозії на сталі і сплави існує кілька її видів. Якщо метал однорідний, то спостерігається рівномірна корозія, що протікає приблизно з однаковою швидкістю по всій поверхні металу. В неоднорідному сплаві (найбільш частий випадок) корозія носить локальний характер і діє лише на деякі ділянки поверхні. Таку локальну корозію, в свою чергу, поділяють на точкову, плямисту і виразкову.

7. Корозійнотривкими є всі хромові сталі, масова частка хрому в яких понад 13%. Хром із залізом утворює неперервний ряд твердих розчинів. Корозійна тривкість цих сталей збільшується із збільшенням частки хрому.



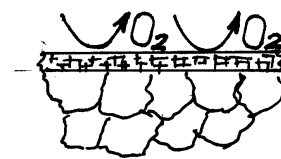
8. Найбільш небезпечною для сталей, що використовуються в теплотехнічних виробках, є інтеркристалічна корозія, що розповсюджується по границях зерен внаслідок більш низького їх електрохімічного потенціалу. Така корозія без зовнішніх ознак швидко розвивається по границях зерен в глибину, різко знижуючи при цьому механічні властивості. Сталь, уражена інтеркристалічною корозією втрачає металічний звук і при згинанні дає надриви по границях зерен в місці корозійного руйнування металу.



9. Існує багато методів захисту від корозії, одним з яких є легування сплаву елементами, які утворюють на його поверхні захисні плівки, які зводять до мінімуму контакт основного металу з агресивним навколишнім середовищем. По своєму впливають на властивості сталі такі елементи:

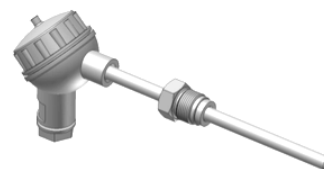
- хром – підвищує твердість, знижує ржавіння; 
- нікель – підвищує міцність і пластичність, корозійну стійкість; 
- вольфрам – підвищує твердість і червоність; 
- ванадій – підвищує густину, міцність, опір ударам та стиранню; 
- кобальт – підвищує жароміцність, магнітопроницність; 
- молібден – підвищує червоність, міцність, опір окисненню при збільшенні температури; 
- марганець – підвищує твердість, зносостійкість, стійкість ударним навантаженням; 
- титан – підвищує міцність, опір корозії; 
- алюміній – підвищує окалинестійкість; 
- ніобій – підвищує кислотостійкість; 
- мідь – зменшує корозію; 
- сірка – викликає червоноламкість, збільшує втому, зменшує корозійну стійкість; 
- фосфор – визиває високу крихкість (холодноламкість) 

10. Стійкість сталей проти корозії визначається: а) складом сплаву і його структури; б) властивостями агресивного середовища, де використовується даний сплав. Сплави стійкі в слабких агресивних середовищах (повітря, вода, водяна пара). Це сплави із 13% Cr, а також алюміній і мідні сплави. При 13% Cr на поверхні металу утворюється плівка окислів хрому, досить міцна і непроникна для агресивного середовища.



11. Сталі 30X13, 40X13 стійкі в середовищах харчових продуктів, фруктових соків, слабких розчинах азотної і оцтової кислот і мають властивості, близькі до властивостей інструментальних сталей. Використовують ці сталі для виготовлення деталей, які працюють на зношення (ріжучий, вимірювальний, хірургічний інструмент). В залежності від використання призначають режим відпуску.

12. Сплави стійкі в агресивних середовищах (морській воді, органічних кислотах). Це аустенітні сталі з високим вмістом хрому і нікелю, наприклад X18H10T, X17H13M3T, або сталі феритного класу з підвищеним вмістом хрому: 12X17 і 15X28. Вони добре зварюються, непогано обробляються різанням. Їх використовують для виготовлення технологічного обладнання в хімічній, харчовій і легкій промисловості, для виготовлення оболонок муфелів і реторт термічних печей, чохлів термопар.



13. Сплави високої стійкості це, як правило, високолеговані і дуже дорогі нікелеві сплави типу H70M27, OX23H28M2T – для азотної і фосфорної кислот.

### *Контрольні запитання*

1. Як називають руйнування металу під дією зовнішнього середовища?
2. Як називається корозія, коли руйнування металу відбувається під дією сухих газів?
3. Як називається процес руйнування металів і сплавів в результаті хімічної взаємодії з газами при підвищенні температури?
4. Як протікає електрохімічна корозія?
5. Чому інтеркристалітна корозія є для сталей найбільш небезпечною?

## *Тести другого модуля*

1. Як прийнято називати сталі і сплави, що не руйнуються при високих температурах: а) жароміцні; б) жаростійкі; в) корозійностійкі; г) стійкі до руйнування?
2. Якими елементами легують сталь для підвищення окалиностійкості: а) алюмінієм; б) хромом та кремнієм; в) хромом, алюмінієм та кремнієм; г) марганцем?
3. Як впливає утворення на поверхні металів і сплавів окисних плівок? а) підвищують жаростійкість; б) зменшують жаростійкість; в) зменшують жароміцність; г) збільшують дифузії атомів кисню?
4. Що є найважливішою характеристикою жаростійких сплавів при високих температурах: а) корозійна стійкість; б) опір повзучості; в) утворення тріщин; г) окислення?
5. Чому жароміцні сплави мають бути і жаростійкими: а) щоб вони швидко не «згорали»; б) щоб вони швидко «згорали»; в) щоб вони перетворилися на окалину; г) щоб вони швидко окислилися ?
6. До розряду яких сталей відноситься хромонікелева у сталь типу 20Х23Н18: а) жаростійких; б) жароміцних; в) аустенітних; г) інструментальних?
7. Скільки відсотків легуючого елемента нікелю знаходиться сталі 20Х23Н18: а) 20; б) 23; в) 18; г) 25?
8. До розряду яких сплавів, що мають високий опір повзучості і руйнуванню при високих температурах відносяться: а) автоматні; б) жаростійкі; в) жароміцні; г) окалиностійкі?
9. Які сталі класифікують за їх основою: нікелеві, залізні, титанові і ін.: а) автоматні; б) жаростійкі; в) жароміцні; г) окалиностійкі?
10. Які жароміцні сталі є матеріалами, зміцненими дисперсними частинками тугоплавких оксидів: а) композитні; б) інструментальні; в) нормалізовані; г) аустенітні?
11. На основі яких металів створюють жароміцні сплави для роботи при високих температурах (до 700–900 °С): а) хрому і кремнію; б) заліза, нікелю і кобальту; в) алюмінію і кремнію; г) хрому і заліза?
12. Яким основним фізичним чинником визначається жароміцність сплавів: а) міцністю серцевини; б) міцністю міжатомних зв'язків; в) міцністю кірки; г) твердістю кірки?
13. При яких умовах працюють жароміцні сталі: а) при високих температурах і малих навантаженнях; б) при низьких температурах і високих навантаженнях; в) при високих температурах і навантаженнях; г) при низьких температурах і навантаженнях?

14. В чому полягає проблема захисту жароміцних сплавів від окиснення: а) гартуванні; б) легуванні; в) нормалізації; г) покритті?
15. Як називають групу сталей, що використовують для виготовлення паропроводів, пароперегрівачів та деталей, які піддаються довготривалим механічним діям при помірно високих температурах: а) інструментальні; б) автоматні; в) котлотурбінні; г) конструктивні?
16. До якої групи сталей відносяться сталі, що мають добрі технологічні властивості (високу пластичність, добру зварюваність, не потребують складних способів термообробки): а) жароміцні; б) жаростійкі; в) інструментальні; г) котельні сталі?
17. З якої сталі виготовляють котли низького і середнього тиску з температурою нагрівання не вище 450 °С? а) 20Х23Н18; б) У8А; в) Ст2; г) сталь 65Г?
18. Які легуючі елементи додають в котлотурбінні сталі для підвищення опору повзучості: а) ванадій і вольфрам; б) мідь і алюміній; в) нікель і мідь; г) залізо і вуглець?
19. Яку термічну обробку котельної низьковуглецевої сталі найчастіше використовують: а) гартування; б) нормалізацію; в) відпалювання; г) поверхневе гартування?
20. В скільки разів повзучість сталі 12ХМФ більша за повзучість сталі 15: а) 2; б) 3; в) 1,5; г) 2,5?
21. Яку сталь використовують для котлів надвисокого тиску: а) 12ХМФ; б) 20Х23Н18; в) 12Х18Н10Т; г) 09Х14Н19В2БР?
22. Введення якого легуючого елементу в невеликій кількості підвищує жароміцність: а) мідь; б) марганець; в) молібден; г) хром?
23. Яким захисним покриттям піддають кріпильні деталі газотурбінних установок: а) хромуванням; б) нікелюванням; в) лудінням; г) оцинкуванням?
24. Що потрібно правильно виявляти при виборі матеріалу для виробів, які працюють при високих температурах: а) строк служби виробу; б) дату пуску в експлуатацію; в) пору року; г) режим роботи виробу?
25. Якими вимогами повинні наділятися сплави при виготовленні лопаток газових турбін: а) корозійною стійкістю; б) твердістю; в) стійкістю до стирання; г) стійкістю до старіння?
26. Яку температуру здатні витримувати корпуси космічних ракет покриті пластинами із нітридів і карбідів металів: а) 1000 °С; б) 1500 °С; в) 2000 °С; г) 2500 °С?
27. З якого сплаву виготовляють лопатки газових турбін: а) 09Х14Н19В2БР; б) 15Х12ВНМФ; в) 12Х18Н10Т; г) ХН73МБТЮ?



28. Яку температуру плавлення мають тугоплавкі карбіди, які наносять плазмовим напиленням камери згоряння сопла ракет: а) 3000 °С; б) 3200 °С; в) 3400 °С; г) 3900 °С?
29. Як називають сталі, призначені для виготовлення деталей машин у всіх областях машинобудування: а) машинобудівні; б) будівельні; в) інструментальні; г) конструкційні?
30. Як називають сталі, призначені для виготовлення конструкцій та споруд: а) машинобудівні; б) будівельні; в) інструментальні; г) конструкційні?
31. Який вміст вуглецю повинен бути в сталях, з яких виконані конструкції зварюванням: а) 0,05% С; б) 0,3% С; в) не менше 0,3% С; г) не більше 0,3% С?
32. Який вміст вуглецю в поверхневому шарі після цементації: а) 0,3%; б) 0,5%; в) 0,8 %; г) 1,1%?
33. Чим легують сталь, що азотується; а) хромом і марганцем; б) хромом і алюмінієм; в) кремнієм і марганцем; г) кремнієм і нікелем?
34. Як називаються сталі, що працюють в строго визначених спеціальних умовах; а) криогенні; б) інструментальні; в) звичайної якості; г) якісні?
35. Для отримання структури аустеніту сталі повинні містити велику кількість: а) марганцю, алюмінію; б) хрому, нікелю і марганцю; в) хрому і міді; г) алюмінію і заліза.
36. Як називається сплав із особливими фізичними властивостями 32НҚД: а) інвар; б) суперінвар; в) ковар; г) платиніт?
37. Як називається сплав із особливими фізичними властивостями 47НД: а) інвар; б) суперінвар; в) ковар; г) платиніт?
38. Як називають сталь, що має 12–20% легуючого елемента: а) нікель; б) мідь; в) хром; г) ванадій?
39. Як називають сталь, що має 12–20% легуючого елемента хрому: а) автоматна; б) криогенна; в) нержавіюча; г) швидкорізальна?
40. Як називається сплав, що використовується для деталей, які працюють при низьких температурах: а) автоматна; б) швидкорізальна; в) нержавіюча; г) криогенна?
41. Як позначається підшипникова сталь з масовою часткою хрому 1,5%; а) ШХ15; б) ХШ15; в) ШХ1,5; г) ПШ15?
42. Де використовується автоматна сталь; а) для виготовлення автоматів; б) для шліфування виробів; в) для обробки деталей на станках-автоматах; г) для виготовлення деталей автоматичної лінії?
43. Якою літерою маркують швидкорізальну сталь; а) Ф; б) К; в) М; г) Р?
44. Масова частка якого металу понад 13% є корозійнотривкою: а) міді; б) алюмінію; в) нікелю; г) хрому?

45. Як називається процес руйнування металів і сплавів в результаті хімічної взаємодії з газами при підвищенні температури: а) газова корозія; б) електрохімічна корозія; в) інтеркристалітна; г) атмосферна корозія?
46. Як називається корозія, що розповсюджується по границях зерен: а) атмосферна; б) інтеркристалічна; в) біологічна; г) газова?

### Література

1. Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів / Атаманюк В. В. – Вінниця : ДОВ „Вінниця”, 2003. – 371 с.
2. Власенко А. М. Матеріалознавство для студентів теплоенергетичних спеціальностей : [навчальний посібник] / А. М. Власенко, О. Ю. Співак. – Вінниця : ВДТУ, 2002. – 101 с.
3. Власенко А. М. Технологія металів та зварювання: [навчальний посібник] / Власенко А. М. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 300 с.
4. Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: [підручник для студентів вищ. навч. закл.] / В. В. Попович, В. В. Попович. – Львів : Світ, 2006. – 624 с.
5. Пахолук А. П. Основи матеріалознавство і конструкційні матеріали: [підруч. для студ. вищ. навч. закл.] / А. П. Пахолук, О. А. Пахолук. – Львів : Світ, 2005. – 172 с.
6. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів / [навч. посібник для учнів проф. навч. закл.] / В. В. Хільчевський, С. Є. Кондратюк, В. О. Степаненко, К. Г. Лопатьмо – К. : Либідь, 2002. – 328 с.
7. Плохій В.С. Модульна система професійного навчання : навч.-метод. посібник. / В. С. Плохій, А. В. Казанковський – К. : Видавничий центр КД «Київська нотна фабрика», 2000. – 286 с.

*Навчальне видання*

**Власенко Анатолій Миколайович**

## **ВСТУП ДО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА**

Навчальний посібник

Редактор В. О. Дружиніна

Коректор З. В. Поліщук

Оригінал-макет підготовлено А. М. Власенком

Підписано до друку 03.05.2017 р.  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Ум. друк. арк. 4,44.  
Наклад 50 пр. Зам. № 2017-086

Видавець та виготовлювач  
Вінницький національний технічний університет,  
інформаційний редакційно-видавничий центр.

ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Хмельницьке шосе, 95,  
м. Вінниця, 21021.  
Тел. (0432) 59-85-32, 59-87-38,  
press.vntu.edu.ua,  
e-mail: kivc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.