



**Міністерство освіти і науки України**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

Спеціальність:

192 «Будівництво та цивільна інженерія»

144 «Теплоенергетика»

**І.Е. Казімагомедов, Т.О. Костюк, О.Б. Деденьова**

**«БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

**Харків 2019**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Харківський національний університет**

**будівництва та архітектури**

**Кафедра будівельних матеріалів та виробів**

**Казімагомедов І.Е., Костюк Т.О., Деденьова О.Б.**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ  
з дисципліни**

**«БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»**

**(для студентів 2 курсу денної та заочної форм навчання освітньо-**

**кваліфікаційного рівня «Бакалавр» напрямів підготовки:**

**«Будівництво», «Гідротехніка», «Теплогазопостачання та вентиляція»  
«Водопостачання та водовідведення», «Технології будівельних конс-  
трукцій і виробів і матеріалів» та «Теплоенергетика»**

**Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»**

**144 «Теплоенергетика»**

Казімагомедов І.Е., Костюк Т.О., Деденьова О.Б. Конспект лекцій з дисципліни «Будівельне матеріалознавство» (для студентів 2 курсу денної та заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» напрямів підготовки «Будівництво», «Гідротехніка», «Теплогазопостачання та вентиляція» «Технології будівельних конструкцій і виробів і матеріалів», «Водопостачання та водовідведення» та «Теплоенергетика») / Казімагомедов І.Е. Костюк Т.О., Деденьова О.Б.; Харк. нац.ун-т будівництва та архітектури – Х.: ХНУБА, 2017. – 139 с.

Автори: к.т.н., доц. Казімагомедов І.Е, проф. д.т.н. Костюк Т.О.,ст.викл. Деденьова О.Б.

Рецензент: к.т.н., доц. Бондар В.О.

Рекомендовано кафедрою будівельних матеріалів та виробів  
протокол №      від      р.

## Зміст

|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Вступ .....                                                                          | 7         |
| <b>Лекція 1 Основи будівельного матеріалознавства.....</b>                           | <b>7</b>  |
| 1.1. Загальні відомості о будівельних матеріалах.....                                | 7         |
| 1.2. Досягнення вчених у галузі матеріалознавства.....                               | 8         |
| 1.3. Склад і структура матеріалів.....                                               | 8         |
| 1.4. Основи стандартизації.....                                                      | 9         |
| 1.5. Класифікація будівельних матеріалів.....                                        | 9         |
| Завдання для самостійної роботи .....                                                | 9         |
| <b>Лекція 2. Основні властивості будівельних матеріалів.....</b>                     | <b>10</b> |
| 2.1. Класифікація основних властивостей будівельних матеріалів.....                  | 10        |
| 2.2. Фізичні властивості будівельних матеріалів.....                                 | 10        |
| 2.3. Механічні властивості будівельних матеріалів.....                               | 12        |
| 2.4. Фізико-хімічні, хімічні та технологічні властивості будівельних матеріалів..... | 13        |
| Завдання для самостійної роботи .....                                                | 14        |
| <b>Лекція 3. Природні кам'яні матеріали.....</b>                                     | <b>15</b> |
| 3.1. Загальні відомості та класифікація гірських порід.....                          | 15        |
| 3.2. Породоутворювальні мінерали.....                                                | 16        |
| 3.3. Вивержені гірські породи.....                                                   | 18        |
| 3.4. Осадкові гірські породи.....                                                    | 18        |
| 3.5. Метаморфічні гірські породи.....                                                | 18        |
| 3.6. Видобування й обробка природного каменю та матеріали і вироби з нього.....      | 23        |
| Завдання для самостійної роботи .....                                                | 24        |
| <b>Лекція 4. Керамічні матеріали та вироби.....</b>                                  | <b>25</b> |
| 4.1. Загальні відомості та класифікація керамічних матеріалів та виробів.....        | 25        |
| 4.2. Сировинні матеріали .....                                                       | 26        |
| 4.3. Загальна технологічна схема виготовлення керамічних виробів.....                | 27        |
| 4.4. Стінові матеріали та вироби.....                                                | 29        |
| 4.5. Вироби для зовнішнього та внутрішнього облицювання будівель.....                | 29        |
| 4.6. Санітарно-технічна кераміка.....                                                | 31        |
| 4.7. Вироби спеціального призначення.....                                            | 32        |
| Завдання для самостійної роботи .....                                                | 32        |
| <b>Лекція 5. Матеріали та вироби на основі мінеральних розплавів.....</b>            | <b>33</b> |
| 5.1. Загальні відомості та сировинні матеріали для скла.....                         | 33        |
| 5.2. Технологія виготовлення скла.....                                               | 33        |
| 5.3. Властивості скла.....                                                           | 35        |
| 5.4. Види скла і вироби з нього.....                                                 | 36        |
| 5.5. Ситали та шлакоситали.....                                                      | 38        |
| Завдання для самостійної роботи .....                                                | 38        |
| <b>Лекція 6. Неорганічні в'язучі речовини (повітряне).....</b>                       | <b>39</b> |
| 6.1. Загальні відомості та класифікація мінеральних в'язучих речовин.....            | 39        |

|                                                                              |           |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6.2. Гіпсові в'язучі речовини.....                                           | 39        |
| 6.3. Повітряне будівельне вапно.....                                         | 41        |
| 6.4. Магнезіальні в'язучі речовини.....                                      | 43        |
| 6.5. Рідке скло та кислототривкий кварцовий цемент.....                      | 44        |
| Завдання для самостійної роботи .....                                        | 45        |
| <b>Лекція 7. Неорганічні в'язучі речовини (гідралічне)....</b>               | <b>45</b> |
| 7.1. Гідралічне вапно та романцемент.....                                    | 45        |
| 7.2. Портландцемент та технологія виробництва .....                          | 46        |
| 7.3. Хіміка - мінералогічний склад портландцементного клінкеру .....         | 47        |
| 7.4. Твердіння портландцементу й формування структури цементного каменю..... | 48        |
| 7.5. Властивості портландцементу.....                                        | 49        |
| 7.6. Спеціальні види цементу.....                                            | 50        |
| Завдання для самостійної роботи .....                                        | 54        |
| <b>Лекція 8. Бетони на мінеральних в'язучих речовинах .....</b>              | <b>55</b> |
| 8.1. Загальні відомості та класифікація бетонів.....                         | 55        |
| 8.2. Матеріали для важких бетонів.....                                       | 57        |
| 8.3. Бетонна суміш і добавки до неї.....                                     | 63        |
| 8.4. Проектування складу важкого бетону.....                                 | 65        |
| 8.5. Властивості важкого бетону.....                                         | 68        |
| 8.6. Бетони спеціального призначення.....                                    | 71        |
| Завдання для самостійної роботи .....                                        | 72        |
| <b>Лекція 9. Легкі бетони та будівельні розчини....</b>                      | <b>73</b> |
| 9.1. Загальні відомості та класифікація легких бетонів.....                  | 73        |
| 9.2. Бетони на пористих заповнювачах.....                                    | 73        |
| 9.3. Крупнопористий бетон.....                                               | 75        |
| 9.4. Ніздрюваті бетони. ....                                                 | 76        |
| 9.5. Класифікація будівельних розчинів.....                                  | 78        |
| 9.6. Властивості та види будівельних розчинів.....                           | 78        |
| Завдання для самостійної роботи .....                                        | 81        |
| <b>Лекція 10. Металеві матеріали та вироби....</b>                           | <b>82</b> |
| 10.1. Загальні відомості та класифікація металів.....                        | 82        |
| 10.2. Виробництво і види чавуну.....                                         | 82        |
| 10.3. Виробництво і види сталі.....                                          | 84        |
| 10.4. Кольорові метали і їх сплави.....                                      | 85        |
| 10.5. Термічна обробка сталі.....                                            | 86        |
| Завдання для самостійної роботи .....                                        | 87        |
| <b>Лекція 11. Залізобетонні вироби і конструкції....</b>                     | <b>88</b> |
| 11.1. Загальні відомості та класифікація залізобетонних виробів.....         | 88        |
| 11.2. Арматура та армування залізобетонних виробів.....                      | 89        |
| 11.3. Види залізобетонних виробів.....                                       | 90        |
| 11.4. Способи виробництва збірних залізобетонних виробів.....                | 93        |
| 11.5. Формування та твердіння виробів.....                                   | 94        |

|                                                                                |            |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Завдання для самостійної роботи .....                                          | 95         |
| <b>Лекція 12. Органічні в'язучі речовини та матеріали їх основи.....</b>       | <b>95</b>  |
| 12.1. Загальні відомості та класифікація органічних в'язучих речовин..         | 95         |
| 12.2. Бітумні в'язучі речовини та їх властивості.....                          | 96         |
| 12.3. Дьогтеві в'язучі речовини та їх властивості.....                         | 98         |
| 12.4. Матеріали на основи бітумів та дьогтей.....                              | 101        |
| Завдання для самостійної роботи .....                                          | 104        |
| <b>Лекція 13. Матеріали та вироби з деревини....</b>                           | <b>104</b> |
| 13.1. Загальні відомості та будова деревини.....                               | 104        |
| 13.2. Основні властивості деревини.....                                        | 106        |
| 13.3. Вади деревини.....                                                       | 108        |
| 13.4. Сушіння деревини.....                                                    | 110        |
| 13.5. Захист деревини від гниття та займання.....                              | 110        |
| 13.6. Матеріали та вироби з деревини.....                                      | 111        |
| Завдання для самостійної роботи .....                                          | 114        |
| <b>Лекція 14. Теплоізоляційні матеріали ...</b>                                | <b>114</b> |
| 14.1. Загальні відомості та класифікація теплоізоляційних матеріалів....       | 114        |
| 14.2. Органічні теплоізоляційні матеріали.....                                 | 116        |
| 14.3. Неорганічні теплоізоляційні матеріали.....                               | 117        |
| 14.4. Матеріали з спучених гірських порід.....                                 | 120        |
| Завдання для самостійної роботи .....                                          | 121        |
| <b>Лекція 15. Полімерні матеріали та вироби....</b>                            | <b>122</b> |
| 15.1. Загальні відомості та класифікація полімерних матеріалів та виробів..... | 122        |
| 15.2. Основні компоненти полімерних матеріалів та виробів.....                 | 123        |
| 15.3. Основні властивості полімерних матеріалів та виробів.....                | 124        |
| 15.4. Матеріали та вироби на основі полімерів.....                             | 125        |
| Завдання для самостійної роботи .....                                          | 129        |
| <b>Лекція 16. Лакофарбові матеріали ...</b>                                    | <b>129</b> |
| 16.1. Загальні відомості та класифікація лакофарбових матеріалів.....          | 129        |
| 16.2. Зв'язуючі речовини для лакофарбових складів.....                         | 132        |
| 16.3. Пігменти для лакофарбових складів.....                                   | 134        |
| 16.4. Види лакофарбових складів.....                                           | 136        |
| Завдання для самостійної роботи .....                                          | 138        |
| Література.....                                                                | 139        |

## Вступ

При будівництві будь-яких будівель і споруд незалежно від їх призначення повинні бути враховані чотири обов'язкові умови: їх доцільність, довговічність, естетична виразність, економічність. Дотримання цих умов можливо тільки в тому випадку, якщо фахівець, який бере участь в проектуванні, будівництві та експлуатації будівель і споруд, буде глибоко знати основи матеріалознавства. Стосовно до зведення будівель і споруд необхідно вивчити будівельні матеріали та вироби.

Проблема підвищення загального рівня якості будівництва безпосередньо пов'язана з поліпшенням якості будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, впровадженням широкого асортименту нових ефективних матеріалів. Від правильного вибору будівельних матеріалів та конструкцій залежить не тільки фізична, а й моральна довговічність будівель та споруд.

Дисципліна вивчає будівельні матеріали і вироби, їхнє значення для розвитку будівництва та підвищення ефективності капіталовкладень.

Приділяється увага питанням: класифікація будівельних матеріалів, їхній склад і структура, корозія матеріалів, економія паливно-енергетичних ресурсів, використання вторинної сировини та охорона довкілля при виробництві будівельних матеріалів. Розглядаються принципові питання технології виробництва найважливіших будівельних матеріалів, засоби підвищення їхньої довговічності.

У результаті вивчення дисципліни "Матеріалознавство (будівельні матеріали)" студенти **повинні знати** матеріальну основу сучасного будівництва - будівельні матеріали та вироби: їх різновиди, склад, будова, властивості, основи виробництва, технічно грамотне та економічно доцільне застосування.

Студенти **повинні вміти** застосовувати отримані знання на практиці при оцінці якості будівельних матеріалів, при виборі матеріалів для різних умов експлуатації, при вирішенні питань ресурсозбереження, охорони навколишнього середовища, економічної ефективності і т.д.

## Лекція 1. Основи будівельного матеріалознавства

### 1.1. Загальні відомості про будівельні матеріали.

Значення курсу «Будівельне матеріалознавство» у підготовці фахівців важливе тому, що жодну споруду не можна правильно спроектувати, побудувати й експлуатувати без наявності відповідних будівельних матеріалів і всебічного знання їхніх властивостей. Вартість матеріалів у загальних витратах на будівництво складає не менше половини, тому знання функціональних особливостей кожного матеріалу дозволяє вирішувати питання, пов'язані не тільки з економією в будівельному виробництві, але і дає можливість фахівцю:

- зробити і професійну обґрунтувати вибір матеріалу з урахуванням експлуатаційних характеристик;

- правильно застосувати прийоми його обробки та укладання в споруди;
  - при необхідності замінити одні матеріали іншими без зниження якості споруди;
  - організувати правильне транспортування та зберігання матеріалу.
- Вивчення цієї дисципліни дозволяє вирішити широкий спектр проблем:
- створення нових матеріалів шляхом використання раціональних рецептур з урахуванням ймовірнісних показників якості й надійності;
  - розширення вимог до матеріалів з урахуванням умов експлуатації;
  - керування якістю матеріалів за рахунок ускладнення рецептури при введенні коригуючих добавок.

**Будівельними матеріалами називають** різні за складом, структурою, формою, властивостями речовин, що застосовуються у будівництві та для ремонту будівель, споруд або для виготовлення з них конструкцій (цемент, пісок, щебінь, вапно, гіпс і т.д.).

**Будівельні вироби** – це готові елементи, виготовлені з будівельних матеріалів. (колони, ферми, панелі, блоки і т.д.)

### **1.3.Склад і структура матеріалів.**

Будівельні матеріали характеризуються хімічним, мінеральним і фазовим складом.

Хімічний склад характеризується кількістю оксидів (у процентному вираженні), що містить матеріал.

Мінералогічний склад виражається видом і кількістю мінералів, які утворюють будівельний матеріал мінерального походження.

Фазовий склад характеризується наявністю в матеріалі різних фаз: твердої, рідкої та газоподібної.

Структура – це порядок розміщення у просторі елементів з яких він складається.

Структуру будівельних матеріалів вивчають на трьох рівнях: 1- макроструктура; 2-мікроструктура; 3- внутрішня будова матеріалу, що вивчається на молекулярно-іонному рівні.

### **1.4. Класифікація будівельних матеріалів**

**За походженням:**

- Природні (глина, деревина, пісок, природній камінь);
- Штучні, одержані промисловою переробкою природної сировини (портландцемент, гіпс, вапно, метали, пластмаси).

**За хімічним складом:**

- Неорганічні або мінеральні – глини, пісок, природне каміння, портландцемент;
- Органічні – деревина, бітум, пластмаси.

**За особливостями технології:**

1. Природні кам'яні матеріали та вироби (облицювальні плити, бру-  
ківка, заповнювачі, сировина для отримання в'язучих).
2. Керамічні матеріали та вироби.
3. Матеріали та вироби з мінеральних розплавів.
4. Металеві матеріали та вироби.
5. Мінеральні в'язучі речовини.
6. Будівельні розчини.
7. Бетони важкі та легкі та спеціальні (залізобетон, фібро бетон).
8. Матеріали та вироби з деревини (паркетні вироби, фанера, ДВП,  
ДСП).
9. Бітумні та дьогтьові в'язучі ( покрівельні- руберойд, акваізол; гі-  
дроізоляційні та корозійностійкі, асфальтобетон).
10. Полімерні матеріали та вироби.

**За призначенням:**

- *Теплоізоляційні* основні вимоги низький коефіцієнт теплопровід-  
ності (до 0,175 Вт/ м<sup>0</sup>С) та середня густина до 500 кг/м<sup>3</sup>;
- *Покрівельні* (черепиця, шифер, руберойд). Основні вимоги: водос-  
тійкість, водонепроникність, морозостійкість, атмосферо стійкість, міцність  
на згин
- *Оздоблювальні*, в тому числі:
- Для облицювання стін, Основні вимоги: декоративність, санітар-  
но-гігієнічні властивості, не токсичність;
- Для влаштування підлоги. Низька стиранийність, ударостійкість,  
твердість, санітарно-гігієнічність, не токсичність, міцність при вигину.
- *Гідроізоляційні*(акваізол, полімерні плівки, мастики). Основні ви-  
моги: водонепроникність, водостійкість, адгезія до поверхні, морозостійкість.
- *Акустичні* звукопоглинальні (гіпсові акустичні плити, піно- та га-  
зоскло) та звукоізоляційні (ДВП –деревно-волокнисті плити, пористі та елас-  
тичні полімери). Основні вимоги: коефіцієнт звукопоглинання більше 0,2.

Більшість сучасних матеріалів є **композиційними**. Наша епоха – епоха саме таких матеріалів. **Композиційний матеріал** – багатокomпонентний, утворений об'ємним сполученням хімічно-різнорідних компонентів із чіткою границею поділу та властивостями, що відрізняються від властивостей вихід-  
них матеріалів. Зазвичай містять 2 компоненти: зв'язуючи (матрицю) та ар-  
мувальний (наповнювач, заповнювач, волокна). Приклади: розчини та бето-  
ни, текстоліті, склопластики, модифікована деревина.

При використанні БМ поділяються також на **групи в залежності від призначення:**

Конструкційні (цегла керамічна, силікатна), конструкційно -  
оздоблювальні (цегла лицьова керамічна або силікатна), оздоблювальні  
(плитки, шпалери, плівки).

## 1.5. Основи стандартизації.

**Стандартизація будівельних матеріалів** – діяльність спрямована на досягнення оптимального ступеня впорядкування у галузі. Встановлює норми, правила та характеристики для забезпечення сумісності продукції, її якості та безпеки, а також економії ресурсів.

**Стандарт** – нормативно-технічний документ, що затверджується компетентними органами. Всі основні матеріали та вироби стандартизовані. **Державний стандарт** – розроблять на продукцію масового серійного виробництва. Обов'язковий для усіх підприємств н/г країни. Найбільш повні стандарти технічних вимог. Вони містять: класифікацію, технічні вимоги, правила приймання, методи випробування, маркування і т.н. **Стандарт підприємств** – діє для певного підприємства.

У будівництві діє система нормативних документів БНіП, обов'язкова для усіх підприємств та організацій.

Україна є членом ISO, робота в якій базується на принципах максимального збереження існуючих національних стандартів.

До державних стандартів України відноситься й **державні будівельні норми ДБН**.

**ЄСКД** – система стандартів на норми і правила проектування.

**Уніфікація** – це мінімізація типорозмірів, марок, форм, властивостей матеріалів. Завдання її – об'єднання технічних вимог до декількох матеріалів та виробів.

**Система модульної координації розмірів** – уніфікує типорозміри, забезпечує взаємозамінність. *Основний модуль М дорівнює 100 мм. Укрупнені: 200 (2М); 300 (3М); 600 (6М); 1200 (12М); 3000 (30М); 6000 (60М). Дрібні: 1 (1/100М); 2 (1/50М); 5 (1/20М); 10 (1/10М); 20 (1/5М); 50 (1/2М).*

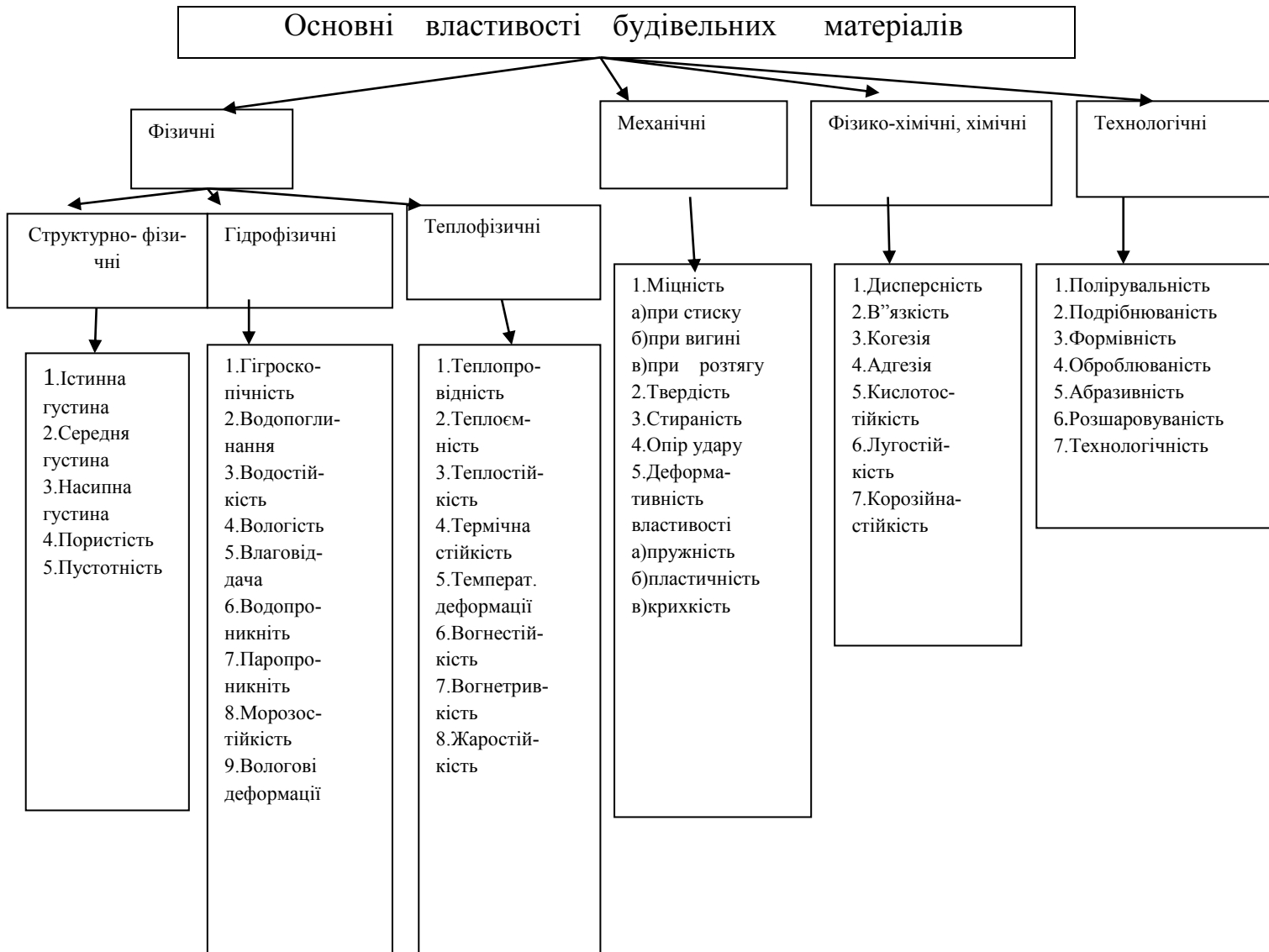
**Типізація** – узагальнення існуючого різноманіття матеріалів та встановлення типових рішень на основі уніфікації та модульної системи координації.

### **Завдання для самостійної роботи.**

1. Яке значення мають будівельні матеріали та вироби у будівельній галузі країни?
2. Дати визначення «будівельного матеріалу» і «будівельного виробу».
3. На яких рівнях вивчається будова матеріалу?
6. Як класифікують будівельні матеріали і вироби за походженням і технологічною ознакою?
5. У чому полягають основи стандартизації?

## Лекція 2. Основні властивості будівельних матеріалів.

### 2.1. Класифікація основних властивостей будівельних матеріалів.



Таблиця 2 – Класифікація основних властивостей будівельних матеріалів.

### 2. 2. Фізичні властивості будівельних матеріалів .

Фізичні властивості характеризують особливості фізичного стану матеріалу, а також його здатність реагувати на зовнішні фактори, що не впливають на хімічний склад матеріалу.

**Істинна густина  $\rho$**  (г/см<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>) – маса одиниці об'єму абсолютно щільного матеріалу. Якщо маса матеріалу  $m$ , а його об'єм у щільному стані -  $V_a$ , то

$$\rho_i = m/V_a$$

**Середня густина  $\rho_o$**  (г/см<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>) – маса одиниці об'єму матеріалу в природному стані (з порами і дефектами):

$$\rho_o = m/V$$

**Насипна густина  $\rho_n$**  (г/см<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>) – маса одиниці об'єму пухко насипаних зернистих чи волокнистих матеріалів (цемент, пісок, щебінь і т.п.). Якщо маса матеріалу  $m$ , а  $V_n$  – його об'єм у пухко насипному стані, то

$$\rho_n = m/V_n;$$

**Пористість  $\Pi$**  – є ступінь заповнення матеріалу порами. Пористість визначають у процентах (%) чи частках одиниці.

При експериментально-розрахунковому методі визначення пористості використовують значення істинної й середньої густини:

$$\Pi = (1 - \rho_o/\rho) 100 \ %.$$

**Гігроскопічність** – здатність матеріалів поглинати вологу з повітря. Залежить від хімічного складу матеріалу і характеру його пористості.

**Вологість** матеріалу визначається вмістом води, віднесеної до маси матеріалу в сухому стані; залежить як від властивостей самого матеріалу, так і від навколишнього середовища. Вологість впливає на теплопровідність, стійкість до гниття і т.п.

**Водопоглинання** – здатність матеріалу всмоктувати й утримувати воду.

Розрізняють водопоглинання за масою і об'ємом:

$$W_m = [(m_1 - m)/m] \cdot 100 \ %;$$

$$W_v = [(m_1 - m)/v] \cdot 100 \ %,$$

де  $m_1$  - маса зразка, насиченого водою;

$m$  - маса сухого зразка;

$v$  – об'єм зразка матеріалу.

**Водопроникність** – це властивість матеріалу пропускати воду під тиском. Водопроникність характеризується коефіцієнтом фільтрації  $K_f$  (м/г):

$$K_f = V_v \cdot a / (S(p_1 - p)t),$$

де  $V_v$  – кількість води (м<sup>3</sup>), що проходить через стінку зразка площею  $S = 1$  м<sup>2</sup>, товщиною  $a = 1$  м, за час  $t = 1$  год при різниці гідростатичного тиску на межах стінки  $p_1 - p = 1$  м вод. ст.

**Коефіцієнт розм'якшення** –  $K_p$  – відношення міцності зразка матеріалу, насиченого водою  $R_v$ , до міцності його у сухому стані  $R_c$ :

$$K_p = R_v/R_c.$$

Коефіцієнт розм'якшення характеризує водостійкість матеріалу, він змінюється від 0 (розмокла глина) до 1 (метали). Якщо коефіцієнт розм'якшення менше 0,8, то матеріали не застосовують у будівельних конструкціях, що знаходяться у воді або у вологому середовищі.

**Морозостійкість** – властивість насиченого водою матеріалу витримувати поперемінно заморожування і відтавання. Морозостійкість матеріалу кількісно оцінюється циклами і відповідно маркою за морозостійкістю. За

марку матеріалу по морозостійкості приймають найбільше число циклів поперемінно заморожування і відтавання, що витримують зразки матеріалу без зниження міцності на стиск більше 15 %, втрати маси більше 5 %.

**Теплопровідність** – властивість матеріалу передавати тепло від однієї поверхні до іншої. Характеристикою теплопровідності є коефіцієнт теплопровідності  $\lambda$  (Вт/м·°C). На практиці зручно судити про теплопровідність за густиною матеріалу.

Зазначена залежність виражається формулою В.П. Некрасова:

$$\lambda = 1,16 \sqrt{0,0196 + 0,22 \cdot d^2 - 0,16},$$

де  $d$  – відносна густина матеріалу.

**Теплоємність** – здатність матеріалу акумулювати тепло при нагріванні і виділяти тепло при остиганні;

**Вогнестійкість** – властивість матеріалу витримувати тривалий вплив високої температури (від 1580°C), не розм'якшуючись і не деформуючись.

**Вогнестійкість** – властивість матеріалу чинити опір дії вогню при пожежі протягом певного часу, залежить від здатності матеріалу спалахувати і горіти. *Неопалювані матеріали* – це бетони, інші матеріали на основі мінеральних в'язучих, цегла, сталь та ін. *Важко опалювані* під впливом вогню чи високої температури жевріють, але після припинення горіння і тління їх дія припиняється.

### 2.3. Механічні властивості будівельних матеріалів.

Механічні властивості вказують на здатність матеріалу чинити опір руйнуванню або деформаціям (зміна форми і розмірів) під дією зовнішніх навантажень.

**Міцність** – це здатність матеріалу чинити опір руйнуванню від внутрішніх напружень, що виникають під дією різних зовнішніх навантажень.

У процесі експлуатації будівель і споруд будівельні матеріали найчастіше зазнають напружень стиску, вигину, розтягу, зрізу та удару.

**Границю міцності при стиску** (МПа) обчислюють за формулою:

$$R_{cm} = P/F,$$

де  $P$  – руйнівне навантаження (сила), кгс;  $F$  – площа поперечного перерізу зразка до випробування, см<sup>2</sup>.

**Границю міцності при вигину** визначають на зразках – балочках квадратного чи прямокутного перерізу, розміри яких встановлені відповідними стандартами, а також на натурних зразках (цегла, черепиця, азбестоцементні листи).

Випробування на вигин виконують за схемою балки, встановленою на двох опорах при зосередженому навантаженні, прикладеному симетрично

відносно осі балки, до її руйнування. Границя міцності при вигину, МПа, якщо навантаження зосереджене й прикладене в центрі:

$$R = 3P / 2bh^2.$$

Якщо два навантаження прикладені симетрично відносно осі балки, то

$$R = P l / bh^2,$$

де  $P$  – руйнівне навантаження (сила) кгс,  $l$  – відстань між опорами, см;  
 $b, h$  – ширина й висота поперечного перерізу зразка, см.

**Твердість** – властивість матеріалу чинити опір проникненню в нього іншого більш твердого матеріалу.

Твердість кам'яних матеріалів природного походження оцінюється за шкалою Мооса, складеною з 10 мінералів з умовним показником твердості від 1 до 10 (найм'якший тальк – 1, найтвердіший алмаз – 10). Твердість металів, бетону, пластмас визначають вдавленням у випробуваний зразок сталевий кульки. У результаті випробувань обчислюють число твердості:

$$HB = P/F,$$

де  $P$  – прикладене навантаження,  
 $F$  – площа поверхні відбитка.

**Стиранність** – властивість матеріалу чинити опір стиранню.

Стиранність оцінюють втратою первісної маси зразка матеріалу, віднесеної до площі поверхні стирання:

$$I = (m_1 - m_2)/F,$$

де  $m_1$  і  $m_2$  – маса зразка до і після стирання,  
 $F$  – площа стирання зразка.

**Опір удару** – властивість матеріалу чинити опір ударним навантаженням. Даний вид навантаження, на відміну від розглянутих вище, має короткочасний, миттєвий характер. Характеристикою цієї властивості є робота, витрачена на руйнування стандартного зразка, віднесена до одиниці його об'єму:

$$A_{уд} = m \cdot g (1 + 2 + 3 + \dots + n)/V,$$

де  $m$  – маса вантажу копра, кг;

$V$  – об'єм зразка, см<sup>3</sup>;

$g$  – прискорення вільного падіння;

$(1+2+3+\dots+n)$  – шлях, пройдений вантажем копра для руйнування зразка.

## 2.4. Фізико-хімічні, хімічні та технологічні властивості будівельних матеріалів.

**Дисперсність** – характеристика розмірів твердих часток і крапель рідини. Величина, що характеризує ступінь роздрібності, називається питомою поверхнею  $S_{пит.}$  – поверхня одиниці об'єму (см<sup>2</sup> /см<sup>3</sup>) або маси (см<sup>2</sup>/г) матеріалу.

**Адгезія** – це показник зовнішнього зчеплення матеріалів один з одним на поверхні їх контакту. Адгезія двох різних матеріалів залежить від природи матеріалу, форми й стану поверхні, умов контакту тощо.

**Когезія** - це показник внутрішнього зчеплення матеріалу, зумовлений міжмолекулярними силами зчеплення.

**Кислотостійкість** – це здатність матеріалу (виробу) чинити опір дії розчинних кислот або їхніх сумішей у межах, встановлених нормативними документами. Наприклад, кислотостійкість каналізаційних керамічних труб становить не менше 92 % (тобто втрати за масою – до 8 %).

**Лугостійкість** – це здатність матеріалу (виробу) чинити опір дії лугів у межах, встановлених нормативними документами.

**Токсичність** – це здатність матеріалу в процесі виготовлення й особливо експлуатації за певних умов виділяти шкідливі для здоров'я людини (отруйні) речовини.

**Розчинність** – це здатність матеріалу розчинюватись у воді, олії, бензині, скипидарі та інших речовинах-розчинниках.

**Корозійна стійкість** – це здатність матеріалу не руйнуватися під впливом речовин, з якими він стикається у процесі експлуатації.

**Технологічні** властивості матеріалу характеризують реакцію матеріалу на різні технологічні процеси, що змінюють стан матеріалу, структуру його поверхні, що додає потрібну форму і розміри. Такі технологічні властивості, як здатність до подрібнювання, розпилу, шліфування, цвяхомість мають важливе практичне значення, тому що від них залежать якість і вартість готових виробів і конструкцій.

### **Завдання для самостійної роботи.**

1. Навести класифікацію фізичних властивостей будівельних матеріалів . Дати приклади використання цих властивостей.
2. Проаналізувати фізико-хімічні та хімічні властивості будівельних матеріалів. Навести приклади.
3. Проаналізувати на прикладах вплив пористості й вологості на величину коефіцієнта теплопровідності матеріалу.
4. Дати характеристику технологічних властивостей будівельних матеріалів. Навести приклади.
5. Охарактеризуйте властивості матеріалів по відношенню до дії тепла і високих температур (вогнестійкість, вогнетривкість).
6. Як змінюються властивості будівельних матеріалів при зволоженні?
7. Як оцінюється морозостійкість матеріалу?
8. Який головний фактор визначає теплопровідність матеріалів?
9. Розкажіть про міцність, твердість, пружність та пластичність.
10. Механічні властивості (міцність, твердість, стиранність).
11. Розкажіть про технологічні й хімічні властивості матеріалів.

### Лекція 3. Природні кам'яні матеріали.

#### 3.1. Загальні відомості та класифікація гірських порід.

**Природними кам'яними матеріалами** називають матеріали і вироби, які одержують механічною обробкою (подрібненням, розколюванням, розпилюванням тощо) гірських порід, не змінюючи їхньої природної структури та властивостей.

**Гірські породи** - це мінеральні маси, які утворюють кору й мають відносно сталу склад та будову. Гірські породи широко застосовують не лише для виготовлення кам'яних матеріалів, а й як сировину для одержання мінеральних в'язучих речовин, керамічних, скляних та інших плавлених матеріалів. Під дією спеціальних процесів (випалювання, спікання, плавлення тощо) принципіально змінюється будова вихідних порід

**Мінерали** – природні утворення з постійним хімічним складом будовою та властивостями.

#### **Класифікації ГП**

- за умовами утворення: магматичні (глибинні та вивержені), осадові (механічні, хімічні, органогенні), видозміннені (метаморфічні) табл.3
- За призначенням: стінові, облицювальні, дорожні.
- за твердістю, що визначена за шкалою Мооса: м'які (до 3 балів) – гіпсовий камінь, доломіт, вапняк; середньої твердості (3-5 балів) – мармур, пісковик, сланці; тверді (6-8 балів) – граніт, кварц.
- за міцністю: низько міцні – 0,4-10 Мпа; середньо міцні – 10-40 Мпа, високоміцні - більш 40Мпа.

Таблиця 3 – Генетична класифікація гірських порід.

| Вивержені або магматичні (первинні) породи                                                                                                                     |                                                                                                                                                          | Осадові (вторинні) породи                                                                                                                        |                                                                                                                                   |                                                                                                     | Метаморфічні (видозміннені) породи                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Масивні                                                                                                                                                        | Уламкові або вулканічні                                                                                                                                  | Механічні відклади                                                                                                                               | Хімічні осади                                                                                                                     | Органогенні відклади                                                                                |                                                                                   |
| <b>Вивержені:</b><br>Граніт<br>Андезит<br>Габро<br>Сієніт<br>Лабрадорит<br><b>Вилиті:</b><br>Порфіри<br>Діабаз<br>Трахіти<br>Базальти<br>Порфірити<br>Андезити | <b>Сипкі:</b><br>Вулканічний попіл<br>Вулканічний пісок<br>Пемза<br><b>Зцементовані</b><br>Вулканічна лава<br>Вулканічний туф<br>Трас<br>Вулканічне скло | <b>Сипкі:</b><br>Глина<br>Пісок<br>Гравій<br>Природний щебінь<br>Булижник<br>Валуни<br><b>Зцементовані</b><br>Пісковик<br>Конгломерат<br>Брекчія | <b>Карбонатні</b><br>Вапняк<br>Вапняковий туф<br>Мергель<br>Доломіт<br>Магнезит<br><b>Сульфатні:</b><br>Гіпс<br>Ангідрит<br>Барит | <b>Фітогенні:</b><br>діатоміт<br>трепел<br>опока<br><b>Зоогенні:</b><br>крейда<br>вапняк-черепашник | <b>Вивержені:</b><br>гнейси<br><br><b>Осадові:</b><br>сланці<br>мармур<br>кварцит |

#### 3. 2. Породоутворювальні мінерали.

У природі знайдено й вивчено більш ніж 2000 мінералів, які поділяють на породоутворювальні, другорядні та рідкісні. Мінерали мають переважно кристалічну, рідше – аморфну будову.

Таблиця 4 – Основні групи породоутворювальних мінералів

| Група квар-<br>цу                                                                              | Група алюмоси-<br>лікатів                                                                                                                                 | Група залізи-<br>сте – магнезі-<br>альних силі-<br>катів                               | Група кар-<br>бонатів                               | Група суль-<br>фатів                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <i>Кварц</i><br><i>Опал</i><br><i>Халцедон</i><br><i>Яшма</i><br><i>Агат</i><br><i>Кремінь</i> | <i>Польові шпати:</i><br>ортоклаз<br>плагіоклаз<br><i>Слюди:</i><br>мусковіт<br>біотит<br>вермікуліт<br>перліт<br><i>Каолініт</i><br><i>Монтморилоніт</i> | <i>Піроксени:</i><br>авгіт<br><i>Амфіболи:</i><br>рогова обма-<br>нка<br><i>Олівін</i> | <i>Кальцит</i><br><i>Магnezит</i><br><i>Доломіт</i> | <i>Гіпс</i><br><i>Ангідрит</i><br><i>Барит</i> |

### **Група кварцу**

До цієї групи належить ряд мінералів, що є модифікаціями діоксиду кремнію: кварц, халцедон, опал.

*Кварц* ( $SiO_2$ ) – це кристалічна форма діоксиду кремнію. Міцний, твердий і стійкий мінерал земної кори. Міцність на стиск до 2000 МПа, твердість за шкалою Мооса - 7, добре чинить опір стиранню та хімічним впливам (при звичайній температурі взаємодіє лише з плавиковою кислотою), істинна густина – 2,65 г/см<sup>3</sup>. Форма кристалів – шестигранні призми з шестиграними пірамідами на основах. Кварц буває безбарвним, білим, сірим, димчастим, рожевим, залежно від домішок. Кварц входить до складу гранітів, пісковиків, кварцитів, діоритів.

*Опал* ( $SiO_2 \cdot nH_2O$ ) – це гідратований аморфний кремнезем. Істинна густина 1,9...2,5 г/см<sup>3</sup>, твердість 5...6, крихкий. Колір білий, залежно від домішок – блакитний, бурий, зелений, чорний; блиск скляний. Менш міцний і стійкий, ніж кварц. Має підвищену внутрішню мікропористість і високодисперсну структуру, високу реакційну здатність до гідроксиду кальцію. Цю властивість аморфного кремнезему широко використовують при виготовленні мінеральних змішаних в'язучих речовин. Зустрічається в гірських породах: діатомітах, опоках, трепелах, мергелях.

### **Група алюмосилікатів**

*Польові шпати* – це алюмосилікати калію, натрію, кальцію або їхні суміші. Характерна особливість – ярко виражена спайність за двома напрямками. Розрізняють ортоклаз (пряморозколюваний) – калієвий польовий шпат

$K_2OAl_2O_36SiO_2$  та плагіоклази (косорозколювані) – натрієві та кальцієві польові шпати, до яких належать альбіт  $Na_2OAl_2O_36SiO_2$ , анортит  $CaOAl_2O_32SiO_2$  та їхні суміші. Це найпоширеніші мінерали, що становлять до 60% земної кори. Істинна густина 2,55...2,70 г/см<sup>3</sup>, твердість 5...6, міцність при стиску – 120...170 МПа, температура плавлення – 1170...1550 °С. Колір білий, сірий, жовтий, від рожевого до темно-червоного.

*Слюда* – водяні алюмосилікати, різноманітні за складом. Характерна особливість їх – легка розщеплюваність на тонкі та пружні пластинки. Мусковіт – калієва слюда, безбарвна, стійка, тугоплавка. Густина 2,7-3,0 г/см<sup>3</sup>. Біотит магнезійно-залізна слюда колір чорний. Густина 2,8-3,2 г/см<sup>3</sup>.

### ***Група залізно-магнезійних силікатів***

*Авгіт* – це складний залізно-магнезійний силікат темно-зеленого,

чорно-бурого або чорного кольору зі скляним блиском.

*Олівін* – це мінерал оливково-зеленого, жовтувато-зеленого, чорного кольору, має скляний блиск.

*Рогова обманка* – це складний алюмомісткий залізно-магнезійний

силікат темно-бурого, зеленого, чорного кольору зі скляним блиском і досконалою спайністю.

Ці мінерали відрізняються високою істиною густиною – 3,2...3,6 г/см<sup>3</sup>, твердістю – 5...6, значною уданою в'язкістю.

### ***Група карбонатів***

*Кальцит*  $CaCO_3$  зустрічається у вигляді кристалів різної форми; безбарвний або молочно-білого кольору з різними відтінками. Має скляний блиск; істинна густина становить 2,7 г/см<sup>3</sup>, твердість 3. Легко розкладається кислотами.

*Магnezит*  $MgCO_3$  – це кристалічний мінерал, за структурою і формою кристалів схожий на кальцит, але більш важкий і твердий і менш хімічно активний. Має істинну густину 2,9...3,1 г/см<sup>3</sup>, твердість 4...4,5; колір білий; блиск – скляний.

*Доломіт*  $CaCO_3 \cdot MgCO_3$  за властивостями займає проміжне положення між кальцитом і магнезитом. Колір безбарвний, іноді з бурим і жовтуватим відтінком, густина – 2,8 г/см<sup>3</sup>, твердість – 3-4.

### ***Група сульфатів***

*Гіпс*  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  – це кристалічний мінерал пластинчастої, волокнистої або зернистої будови з істинною густиною 2,3 г/см<sup>3</sup>, твердістю 2, в чистому вигляді – прозорий, але завдяки домішкам має світло-сірий, жовтуватий, рожевий та інші кольори.

*Ангідрит*  $CaSO_4$  – це безводний різновид гіпсу. Він важчий і твердіший за гіпс; істинна густина становить 2,8...3,0 г/см<sup>3</sup>, твердість 3,0...3,5, колір – світло-сірий, сіро-блакитний, спайність – досконала; блиск – скляний.

### **3.3. Вивержені гірські породи.**

### **3.4. Осадкові гірські породи.**

### **3.5.Метаморфічні гірські породи.**

Характеристики вивержених ,осадових та метаморфічних гірських порід приведені у таблиці 5.

| Порода                  | Середня густина, кг/м <sup>3</sup> | Границя міцності при стиску, МПа | Головні мінерали                        | Структура, текстура                                      | Колір                                                                  | Застосування                                                                       |
|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                       | 2                                  | 3                                | 4                                       | 5                                                        | 6                                                                      | 7                                                                                  |
| <i>Вивержені породи</i> |                                    |                                  |                                         |                                                          |                                                                        |                                                                                    |
| Граніт                  | 2600...2800                        | 100...250                        | Кварц, ортоклаз, біотит, мусковіт       | Дрібно-, середньо-, крупнозерниста, порфірова            | Сірувато-білий, темно-сірий, червонуватий, сіро-зелений, синьо-зелений | Зовнішнє і внутрішнє облицювання, мостовий камінь, тротуарні плити, щебінь, східці |
| Сієніт                  | 2600...2800                        | 150...220                        | Ортоклаз, авгіт, рогова обманка         | Зазвичай середньозерниста, рідше дрібнозерниста          | Сірий, сіро-зеленуватий, червонуватий, червоний                        | Зовнішнє облицювання, мостовий камінь                                              |
| Діорит                  | 2800...3000                        | 150...300                        | Ортоклаз, авгіт, рогова обманка, біотит | Середньозерниста, дрібнозерниста, рідше - крупнозерниста | Темно-сірий з зеленим відтінком                                        | Облицювальний камінь, дорожнє будівництво                                          |
| Габро                   | 2900...3200                        | 200...400                        | Авгіт, рогова обманка, олівін           | Середньозерниста, дрібнозерниста, рідше - крупнозерниста | Темно-сірий до чорного                                                 | Зовнішнє облицювання, дорожні покриття, гідротехнічні споруди                      |
| Лабрадорит              | 2900...3100                        | 130...250                        | Лабрадор                                | Крупнозерниста                                           | Чорний з переливами блакитного, синього, іноді золотавого кольорів     | Зовнішнє і внутрішнє облицювання, внутрішні сходи і площадки, підлоги              |
| Андезит                 | 2200...2700                        | 60...240                         | Ортоклаз, авгіт, рогова обманка, біотит | Щільна, пориста з укріпленнями                           | Сірий, бурий, чорний                                                   | Кислототривкі вироби, щебінь                                                       |

|                        |             |           |                                 |                                                       |                                                   |                                                                                                                                                             |
|------------------------|-------------|-----------|---------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Діабаз                 | 2700...2900 | 200...400 | Авгіт, рогова обманка, лабрадор | Приховано кристалічна, дрібнокристалічна              | Сірий, зеленувато-сірий, зелений                  | Гідротехнічні споруди, кислототривкі та жаростійкі облицювання і кладка, дорожнє будівництво                                                                |
| Базальт                | 2800...3300 | 100...500 | Авгіт, рогова обманка, олівін   | Приховано кристалічна, дрібнокристалічна, склоподібна | Темно-сірий до чорного                            | Зовнішнє облицювання, зовнішні сходи і площадки, дорожні покриття, гідротехнічні споруди, кислототривкі та жаростійкі облицювання і кладка, плавлені вироби |
| Вулканічний туф        | 700...1400  | 5...15    | Аморфний кремнезем              | Склоподібна                                           | Сірий, рожевий до фіолетового, коричневий, чорний | Укладання стін, зовнішнє і внутрішнє облицювання, заповнювач для легких бетонів, активна мінеральна добавка                                                 |
| Перліт                 | 920...2400  | 25...100  | Аморфний кремнезем              | Склоподібна                                           | Сірий, сірувато-блакитний                         | Виготовлення пористих заповнювачів                                                                                                                          |
| <b>Осадкові породи</b> |             |           |                                 |                                                       |                                                   |                                                                                                                                                             |
| Пісковик               | 1900...2800 | 100...250 | Кварц, кальцит, польовий шпат   | Дрібно- і тонкозерниста                               | Білий, жовтий, сірий, буруватий                   | Укладання фундаментів, стін, зовнішнє облицювання, виготовлення буту, щебеню, дорожні покриття, гідротехнічні споруди, кислототривкі вироби                 |
| Доломіт                | 2500...2900 | 100...150 | Доломіт, магнезит               | Приховано кристалічна                                 | Жовтувато-білий, буруватий                        | Виробництво в'язучих речовин, вогнетривів, теплоізоляційних виробів, скла, буту, щебеню                                                                     |
| Магнезит               | 2900...3000 | 120...200 | Магнезит                        | Приховано кристалічна                                 | Світло-сірий                                      | Виготовлення каустичного магнезиту, вогнетривких виробів                                                                                                    |

|                   |             |            |                             |                          |                                            |                                                                                                           |
|-------------------|-------------|------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Вапняк шільний    | 1800...2600 | 10...150   | Кальцит, доломіт            | Щільна безладно зерниста | Білий, сірий до чорного, жовтуватий, бурий | Виготовлення портландцементу, вапна, щебеню, внутрішнє облицювання                                        |
| Вапняк-черепашник | 800...1800  | 0,4...15,0 | Кальцит, кремнезем          | Пориста                  | Білий, сірий, жовтуватий                   | Внутрішнє облицювання, укладання стін, заповнювач для легкого бетону, виготовлення вапна, портландцементу |
| Гіпс              | 2000...2200 | 20...30    | Гіпс                        | Зернистокристалічна      | Білий, жовтий, сірий                       | Виготовлення в'язучих речовин, внутрішнє облицювання, скульптурні роботи                                  |
| Ангідрит          | 2800...2900 | 60...80    | Ангідрит                    | Зернистокристалічна      | Блакитно-білий, сірий                      | Виготовлення в'язучих речовин, внутрішнє облицювання                                                      |
| Діатоміт          | 400...1200  | 2...5      | Аморфний кремнезем          | Аморфна                  | Білий, жовтуватий                          | Активна мінеральна добавка, виготовлення теплоізоляційних виробів, легкої цегли                           |
| Трепел            | 350...800   | 2...3      | Аморфний кремнезем          | Аморфна                  | Білий, сірий                               | Активна мінеральна добавка, виготовлення теплоізоляційних виробів, легкої цегли                           |
| Опока             | 600...1800  | 5...15     | Аморфний кремнезем, кальцит | Аморфна                  | Білий, сірий                               | Укладання стін, заповнювач для легких бетонів                                                             |

| <i>Метаморфічні породи</i> |             |           |                                                      |                                               |                                                                                            |                                                                                                                               |
|----------------------------|-------------|-----------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Гнейс                      | 2400...2700 | 60...250  | Ортоклаз,<br>кварц,<br>біотит,<br>мусковіт           | Сланцювата                                    | Сірий до<br>червонуватого                                                                  | Укладання фундаментів,<br>бутова кладка, мостіння<br>доріг                                                                    |
| Глинистий<br>сланець       | 2600...2700 | 50...240  | Гідрослюда,<br>монтморилон<br>іт, каолінит,<br>кварц | Тонкосланцювата                               | Сірий до чорного                                                                           | Влаштування покрівлі,<br>виготовлення пористих<br>заповнювачів для бетону                                                     |
| Мармур                     | 2600...2800 | 50...300  | Кальцит,<br>доломіт                                  | Дрібно-, середньо-,<br>крупнозерниста, щільна | Білий, сірий,<br>жовтуватий, блідо-<br>рожевий, червоний,<br>бурий, зеленуватий,<br>чорний | Внутрішнє облицювання,<br>виготовлення монументів,<br>декоративно-художніх<br>виробів, заповнювач для<br>декоративних бетонів |
| Кварцит                    | 2650...3000 | 100...500 | Кварц,<br>халцедон,<br>опал                          | Дрібнозерниста, щільна                        | Білий, жовтий,<br>сірий, від рожевого<br>до темно-вишневого                                | Зовнішнє облицювання, під<br>фермове каміння,<br>виготовлення вогнетривких<br>виробів, бутовий камінь,<br>щебінь              |

Таблиця 5 – Основні характеристики гірських порід

### 3.6.Видобування й обробка природного каменю та матеріали і вироби з нього

Гірські породи для виготовлення кам'яних матеріалів розробляють, в основному, відкритим способом в кар'єрах.

Пухкі породи-пісок, гравій - добувають - одна або багатоковшевим екскаватором і гідро механізованим способом.

Бутовий камінь і щебінь отримують з гірських порід, що добуваються вибуховим способом.

М'які породи, такі як вапняк-ракушняк, туф, що застосовуються для виготовлення стінових матеріалів, розробляють каменерізними дисковими або канатними машинами.

Залежно від ступеня обробки розрізняють грубо оброблені кам'яні матеріали та штучні вироби і профільовані деталі.

До грубо оброблених кам'яних матеріалів відносять: бутовий камінь, щебінь, гравій, пісок.

*Бутовий камінь* – це куски каменю неправильної форми розміром 150...500 мм, масою 20...40 кг. Бутовий камінь може бути рваним (неправильної форми) та постілистим. З буту зводять греблі та інші гідротехнічні споруди, підпірні стінки, фундаменти, його переробляють на щебінь.

*Щебінь* - це куски каменю неправильної форми розміром 5...150 мм, які одержують подрібненням великих кусків гірських порід з наступним просіюванням (зустрічається і природний щебінь – «дресва»).

*Гравій* – це обкочені (округлі) зерна розмірами 5...150 мм, які одержують просіюванням сипких порід; у разі потреби їх промивають, щоб видалити шкідливі домішки (глину, пил).

*Пісок* – це мінеральні зерна розміром від 0,16 до 5 мм, які одержують просіюванням сипких порід; або подрібненням і просіюванням відходів обробки (штучний пісок). Щебінь, гравій, пісок використовують як заповнювачі для бетонів і розчинів.

До **виробів з природного каменю** відносять колоті та пиляні вироби для мурування і облицювання стін, влаштування підлог, дорожніх покриттів, гідротехнічних споруд тощо.

*Каміння та блоки для укладання стін.* Багато пористих гірських порід легко розпилюються на камені та блоки правильної геометричної форми (прямокутні паралелепіпеди). Основні розміри каменів для зведення стін: 390 × 1000 × 1500мм; 490 × 240 × 188мм; 390 × 190 × 288мм. Маса каменя не повинна перевищувати 16 кг, маса дрібного блока – 40 кг. Каміння та блоки застосовують для зовнішніх стін, перегородок та інших частин будівель та споруд.

*Облицювальні матеріали та вироби.* Облицювальне каміння й плити, а також архітектурно-будівельні вироби виготовляють, розпилюючи блоки (напівфабрикати), або вдаючись до безпосереднього випилювання з масиву гірської породи. Можна виготовляти також колоті вироби (з некондиційних блоків).

Для зовнішнього облицювання використовують щільні атмосферостійкі породи (граніти, сієніти, габро тощо), або щільні вапняки, для внутрішнього облицювання – породи середньої твердості: мармури, пористі вапняки (травертин, черепашник), вулканічні туфи тощо. Пористі породи, крім декоративного ефекту, забезпечують добру акустику приміщень, тому їх застосовують для оздоблення театрів, кінотеатрів та інших громадських споруд.

Цокольні плити, а також деталі карнизів та інших частин будівлі, що виступають, виготовляють з атмосферостійких порід.

*Влаштування покриттів підлог* виконують полірованими (рідше шліфованими) плитами з твердих щільних порід (граніт, сієніт, лабрадорит тощо). В приміщеннях з малою інтенсивністю руху і високими вимогами щодо декоративності можливе використання мармуру. Товщина плит для підлоги має бути не менше 20 мм. Сходи облицовують також твердими зносостійкими породами.

*Матеріали та вироби для дорожнього будівництва* виготовляють із щільних і зносостійких порід (граніту, діориту, габро, базальту), оскільки мови їх експлуатації надзвичайно суворі. До дорожніх матеріалів і виробів відносять: брущатий камінь; колотий і булижний камінь; тротуарні плити і бордюрне каміння.

*Брущатий камінь* (бруківка) призначається для впорядкування покриттів проїжджої частини доріг. Має форму зрізаної піраміди з паралельними прямокутними верхньою та нижньою основами.

*Колотий і булижний камінь* використовують для влаштування основ доріг, а також дорожніх покриттів, для укріплення схилів земляних споруд тощо.

*Тротуарні плити* виготовляють з шаруватих гірських порід. Вони мають форму прямокутної чи квадратної плити зі стороною 200...800 мм та рівною лицьовою поверхнею (товщина 40...150 мм).

### **Завдання для самостійної роботи.**

1. Як класифікують гірські породи за походженням?
2. Які основні мінерали утворюють вивержені гірські породи?
3. Чим розрізняються між собою гірська порода і мінерал?
4. Які основні мінерали утворюють осадові гірські породи?
5. Що ви знаєте про магматичні породи?
6. Як утворилися осадові породи? Розкажіть про осадові породи механічного походження.
7. Чим відрізняється мрамур від вапняку?
8. Які гірські породи служать сировиною для виробництв в'язучих?
9. Які будівельні матеріали отримують з гірських порід?
10. Як використовують природні кам'яні матеріали у будівництві?

## Лекція 4. Керамічні матеріали та вироби.

### 4.1. Загальні відомості та класифікація керамічних матеріалів та виробів.

**Кераміка** (грец. *keramos* – глина) - це штучні кам'яні матеріали й вироби, отримані в результаті технологічної обробки і наступного випалу глинистої сировини.

Керамічні матеріали – найдавніші з усіх штучних кам'яних матеріалів.

Вік керамічної цегли становить понад 5000 років. Залишки будівель і споруд з керамічної цегли знайдені археологами на території Стародавнього Єгипту (III...I тисячоліття до н.е.). Керамічна цегла відома також в Індії. У Китаї для покрівель використовували керамічну черепицю, а для оздоблення будівель – глазуровану кераміку, фарфор.

На території України знайдені вироби з кераміки, що датуються 3..2 тис. р. до н.е., а також збереглися історичні пам'ятники Київської Русі X...XI ст. (залишки Десятинної церкви, Золотих воріт, Софійський Собор), які були збудовані з використанням керамічної цегли та керамічних плиток для підлоги.

Довговічність і простота виготовлення керамічних матеріалів забезпечили їм одне з перших місць серед інших будівельних матеріалів. Висока міцність, універсальність властивостей і широкий асортимент дають змогу використовувати керамічні вироби для теплових агрегатів; як облицювальні матеріали для підлог і стін; для мереж каналізації, як легкі пористі заповнювачі для бетонних і залізобетонних виробів тощо.

Поряд з позитивними якостями керамічні вироби мають і деякі недоліки, а саме: крихкість, їх виробництво є досить енергоємним і потребує використання спеціального сушильного та випалювального обладнання.

За **структурою черепка** керамічні матеріали та вироби поділяють на: пористі й щільні. До пористих відносять матеріали і вироби з водопоглиненням більше 5% за масою. Це – стінові вироби, черепиця, облицювальні плитки для стін, теплоізоляційні вироби, заповнювачі для бетонів, санітарно-технічні вироби. На зломі вони мають землистий вигляд, шорстку поверхню, непрозорі, при ударі видають глухий звук.

До щільних матеріалів відносять ті, що мають водопоглинення за масою менше 5 %. Це - плитки для підлог, дорожня цегла, фарфорові вироби. Вони мають блискучий злом, гладеньку поверхню, при ударі видають чистий дзвінкий звук.

За **призначенням** керамічні матеріали та вироби поділяють на такі види: стінові (цегла, порожнисті камені); покрівельні (черепиця); вироби для облицювання фасадів (лицьова цегла і камені, плитки фасадні, килимово-мозаїчні плитки); вироби для внутрішнього облицювання (глазуровані плитки і фасонні деталі до них – карнизи, кутники, пояски); заповнювачі для бетонів (керамзит, аглопорит); теплоізоляційні вироби (діатомітові, трепельні, перлітобентонітові вироби, ніздрювата кераміка); вироби для підлог і дорож-

ніх покриттів (плитки для підлог, дорожня цегла; санітарно-технічні вироби (умивальники, унітази, ванни, труби); кислототривкі вироби; вогнетривкі вироби.

За **видом поверхні** керамічні матеріали та вироби поділяють на: глазуровані та неглазуровані; однокольорові, багатокольорові і з малюнком; з гладенькою поверхнею та рельєфні.

За **способом формування** керамічні матеріали поділяють на матеріали, одержані пластичним формуванням, напівсухим пресуванням або шлікерним способом.

За **температурою** плавлення кераміку підрозділяють на:

- легкоплавку ( $T_{пл}$  нижче  $1350\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- тугоплавку ( $T_{пл} - 1350\text{ }^{\circ}\text{C}-1580\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- вогнетривку ( $1580\text{ }^{\circ}\text{C} - 2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- вищої вогнетривкості (більше  $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

#### 4. 2. Сировинні матеріали .

Основною сировиною для виробництва кераміки є різні глинясті гірські породи. Найчистіші глини складаються переважно з мінералу каолініту  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  і споріднених з ним мінералів - монтморилоніту  $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 11H_2O$ , галуазиту  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$  тощо.

**Хімічний склад** глин включає глинозем  $Al_2O_3$  - 7-20%, кремнезем  $SiO_2$  - 55-80% оксид заліза  $Fe_2O_3$  - 3-12%, оксид кальцію  $CaO$  - 0,5-15%, оксиди натрію, калію ( $Na_2O$ ,  $K_2O$ ) і магнію ( $MgO$  - 0,5-3%). Зі збільшенням вмісту  $Al_2O_3$  підвищується пластичність і вогнетривкість глин, а з підвищенням вмісту  $SiO_2$  пластичність глини знижується, збільшується пористість, знижується міцність виробів. Наявність лужних оксидів призводить до появи білих плям на поверхні виробів, а оксиди заліза працюють як плавні, тобто знижують температуру спікання.

З метою надання необхідних властивостей як глинам, так і виробам з них до складу глиняної сировини вводять наступні **допоміжні матеріали**.

**Спіснювальні** добавки вводять у пластичні глини, щоб знизити пластичність і зменшити повітряну та вогневу усадку за рахунок меншої водо потреби формувальної суміші, а також для запобігання деформаціям і тріщинам у виробках. До них належать: шамот, золи, кварцовий пісок, гранульований шлак.

**Пороутворювальні** добавки вводять у сировинну суміш для отримання легких керамічних матеріалів з підвищеною пористістю. До них належать: магнезит, крейда, доломіт. Такі добавки під час випалювання виділяють  $CO_2$ , що і поризує глиняну масу. Також використовують вигоряючі добавки – деревну тирсу, обпилювання, вугільний порошок, торф'яний пил.

**Плавні** сприяють зниженню температури випалу виробів і підвищують

щільність матеріалу. Функції плавнів виконують польові шпати, залізна руда, доломіт, магнезит, тальк тощо.

**Пластифікуючи** добавки сприяють підвищенню пластичності маси й поліпшенню її здатності до формування при отриманні виробів. До них належать високо пластичні глини, бентоніти, а також поверхнево-активні речовини типу лінгосульфонафту.

Отримання черепка потрібного кольору й структури здійснюється різними методами, у тому числі: покриттям готових виробів ангобами, поливами, емалями, керамічними фарбами.

**Ангоб** виготовляють з білої або кольорової глини і наносять на поверхню невипаленого керамічного виробу тонким шаром (0,2...0,3 мм) у вигляді водної суспензії. При випалюванні ангоб не розплавляється і надає виробу матову поверхню.

**Глазур (полива)** – це склоподібне покриття (0,1...0,2 мм), яке наносять на поверхню керамічного виробу і закріплюють випалюванням. Глазур знижує водопроникність, підвищує міцність та атмосферо стійкість керамічних виробів.

Склади поливи можуть бути різноманітними, але в усіх випадках вони містять не менше 85...90 % кремнезему та оксиду алюмінію.

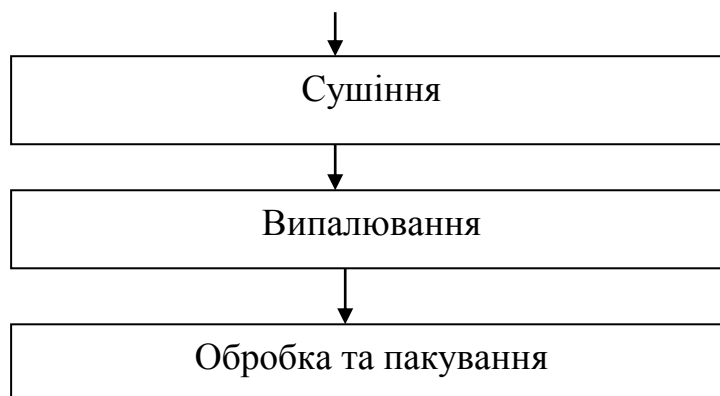
Чим більше в глинистій сировині глинистих часток, тим вище пластичність і повітряна усадка глин. Залежно від цього глини підрозділяють на:

- **високо пластичні** – вміст **глинистих** часток складає 80-90 %;
- **помірно пластичні** – 30-60 %;
- **мало пластичні** – 5-30 %;

#### 4. 3. Загальна технологічна схема виготовлення керамічних виробів.

Технологія виготовлення керамічних виробів, незважаючи на різноманітність асортименту, що випускається за властивостями, формами і призначенням є загальною й включає наступні технологічні етапи





Сировину видобувають на кар'єрах відкритим способом – екскаваторами. Від кар'єру до заводу сировину перевозяться автосамоскидами, вагонетками чи конвеєрами. Заводи, які виробляють керамічні матеріали, звичайно будують поблизу місця видобутку сировини, причому кар'єр є складовою частиною заводу.

Готуючи сировинні матеріали, насамперед руйнують природну структуру глини, вносять добавки, зволожують до потрібної формувальної вологості й утворення зручної для формування глиняної маси.

Переробку сировинної маси та формування виробів залежно від властивостей вихідної сировини й виду виробів, що виготовляються, виконують пластичним, напівсухим або лікерним (мокрим) способами.

*Пластичне формування* застосовують тоді, коли глиниста сировина волога, пухка. Пластична маса зволожується до вологості 20...25 %. Такий спосіб передбачає формування виробів на стрічкових пресах.

*Шлікерний (мокрый) спосіб* полягає в тому, що вихідні матеріали подрібнюють разом з водою в кульовому млині при вологості 45...60 % до одержання однорідної маси. Методом лиття виготовляють вироби складної конфігурації та тонкостінні.

Проміжною операцією технологічного процесу виробництва керамічних виробів є *сушіння*. Воно необхідне для надання сирцю механічної міцності й підготовки його до випалювання. Сушіння виробів може бути природним (на відкритому повітрі) та штучним (у спеціальних пристроях – сушарках). Режим сушіння у сушарках: температура теплоносія 130...170°C, тривалість сушіння 30...72 год.

**Випалювання виробів** – найбільш важлива й завершальна стадія виготовлення керамічних виробів. У процесі випалювання під дією температури в сировинній суміші відбуваються складні фізико-хімічні перетворення. Так, при нагріванні сирцю до 120°C видаляється фізично зв'язана вода й керамічна маса стає непластичною. У більш високій температурній зоні – від 450°C до 600°C відбувається виділення хімічно зв'язаної води, глинисті мінерали розкладаються на окремі оксиди. При подальшому збільшенні температури виго-

рають органічні домішки й керамічна маса втрачає свою пластичність. Формування міцності майбутнього черепка починається при 800°C завдяки протіканню твердо фазових реакцій. У процесі нагрівання від 1000°C до 1200°C відбувається вогнева усадка виробу й спікання (залежно від виду глини усадка становить 2 -8 %). Інтервал температур випалювання лежить у межах: від 900°C до 1100°C для цегли, каменю, керамзиту; від 1100°C до 1300°C для клінкерної цегли, плиток для підлог; від 1300°C до 1800°C для вогнетривкої кераміки.

#### **4. 4.Стінові матеріали та виробі.**

**Керамічні цегли й камені** виготовляють із легкоплавких глин з добавками й без, застосовують для кладки зовнішніх і внутрішніх стін, для виготовлення стінових панелей і блоків. Цегла має такі розміри: одинарна – 250x125x65 мм; потовщена – 250x120x88 мм; модульна – 288x138x63 мм, модульна потовщена – 288x138x88 мм. Камені виготовляють таких розмірів: 250x120x138 мм (звичайний); 288x138x138 мм (модульний); 288x288x88 мм (модульний укрупнений); 250x250x120 мм (укрупнений з горизонтальним розташуванням порожнин).

**За густиною в сухому стані** цегла й камені підрозділяють на три групи:

- *звичайні* – з густиною більше 1600 кг/м<sup>3</sup>;
- *умовно ефективні* – із густиною більше 1400-1600 кг/м<sup>3</sup>;
- *ефективні* - з густиною не більше 1400-1450 кг/м<sup>3</sup>.

Застосування ефективних стінових керамічних матеріалів дозволяє зменшити товщину зовнішніх стін, знизити матеріалоемність конструкцій до 40 % скоротити транспортні витрати й навантаження на основу.

Керамічну цеглу, залежно від межі міцності при стисканні й згині, а камені – тільки при стисканні, поділяють на такі марки: М75, М100; М125; М150; М175 ; М200; М250; М300.

За морозостійкістю керамічну цеглу і камені поділяють на марки: F15; F25; F35; F50.

#### **4. 5.Вироби для зовнішнього та внутрішнього облицювання будівель.**

**Цегла й камені лицьові** є оздоблювальними й конструктивними несучими елементами, що працюють у цегельній кладці разом зі звичайною цеглою. Лицьова цегла і камені призначені для мурування і одночасного облицювання зовнішніх стін будівель і споруд, тому мають дві лицьові поверхні.

**Лицьові** цегли й камені випускають тих же розмірів і форм, що й звичайні. Залежно від межі міцності при стиску й вигині їх поділяють на наступні марки: М75; М100; М125; М150. Через підвищену щільність морозостійкість лицьової цегли становить від 25 до 30 циклів. Регулювання складу сировини й режиму випалу дозволяє випускати вироби від кремового до корич-

невого кольорів. Перевагою лицьової цегли є підвищена атмосферо стійкість, однорідність забарвлення і чіткість ребер та граней. Залежно від форми й призначення їх поділяють на *рядові* (гладка частина стіни) й *профільні* (карнизи, тяги, пояси).

Для оздоблення поверхні лицьової цегли і каменів використовують ангоби, глазурі і торкретування кольоровою крихтою. Облицювання стін будівель із керамічної цегли і каменів лицьовими виробами – найефективніший вид оздоблення, оскільки воно виконується одночасно з рядовою кладкою, а лицьові вироби, крім декоративних функцій, виконують і конструктивні функції.

**Керамічні фасадні плитки** виготовляють квадратної або прямокутної форми з різними координаційними розмірами (від 50х50 до 300х150 мм, завтовшки 7 і 9 мм).

Плитки випускаються із глазурованою і неглазурованою, гладкою та рельєфною, одно - або багатокольоровою поверхнею. Застосовують для облицювання фасадів і цоколів, підземних переходів.

**Керамічні плитки для внутрішнього облицювання** використовуються для облицювання стін і для покриттів підлог. Ці вироби експлуатуються у середині приміщення, тому вимоги за морозостійкістю до них не висувають. Стіни, облицьовані керамічною плиткою, стійкі до вологого й агресивного середовища, відповідають естетичним і санітарно-гігієнічним вимогам.

Для облицювання стін застосовують *майолікові* (із сировинної суміші каоліну, польового шпату, кварцового піску) і *фаянсові* (з вогнетривких глин і добавкою кварцового піску і плавнів з наступним глазурюванням) плитки. Класифікують плитки за характером поверхні (пласкі, рельєфно-орнаментовані, фактурні), за типом глазури (прозорі, блискучі, матові, одноколірні, багатокольорові), за формою й призначенням (квадратна, прямокутна, фасонна кутова й карнизна, фасонна плінтусна й т.д.) Водопоглинення плиток для внутрішньої обробки досягає 16 %, межа міцності при вигині – 12 МПа. Основні розміри плиток, відповідно до європейського стандарту (мм): 100х100, 108х108; 150х150; 150х75; 152х76; 200х15; 200х35; 200х50; 200х75; 200х150; 200х200; 250х200; 300х50; 300х100; 300х200; 300х300.

Для покриттів підлог застосовують *метлаські* (ДСТУ Б В. 2.7 – 117-2002) плитки, які мають підвищену щільність і високий опір стиранню. Підлоги з керамічних плиток водонепроникні, легко миються, довговічні, кислото - і лугостійкі. До недоліків слід віднести низький опір ударним навантаженням і високу трудомісткість улаштування. Для улаштування підлог застосовують квадратні (від 150х150 мм до 500х500 мм), прямокутні (від 200х150 мм до 500х300 мм), багатогранні й фігурні (чотирьох -, п'яти -, шести - і во-

сьмигранні) плитки.

*Плитки керамічні мозаїчні* для підлог виготовляють квадратними зі стороною 23 і 48 мм, завтовшки 6 і 8 мм. На заводі плитки лицьовим боком наклеюють на крафт – папір або картон з певним рисунком, одержуючи килими розміром 398х48 мм.

*Великорозмірні* плитки типу «керамограніт» використовують для влаштування підлог у виробничих цехах, магазинах, ресторанах, виставкових залах, лабораторіях. Виготовляють зі щільним черепком (водопоглинення менше 1 %) розмірами до 1000х1000 мм, завтовшки 6-10 мм. Керамограніт випускають з глинистої сировини з добавкою мінеральних пігментів. Плитки формують на пресі під тиском близько 50 МПа, а потім випалюють при  $T = 1250^{\circ}\text{C}$ . Отримані вироби не поступаються природному граніту за показниками міцності, зносостійкості, морозостійкості й привертають увагу будівельників, архітекторів та дизайнерів різноманітністю кольорів та відтінків.

#### 4. 6.Санітарно-технічна кераміка.

До санітарно-технічної кераміки належать ванни, раковини та інше обладнання санітарно-технічних вузлів житлових і виробничих приміщень, виготовлене з фарфору, напівфарфору й фаянсу. Сировиною є біло випалювані глини, каоліни, кварц і польовий шпат, узяті в різних співвідношеннях (табл.6)

| Складові                                    | Вміст, % за масою |                |           |
|---------------------------------------------|-------------------|----------------|-----------|
|                                             | у фаянсі          | у напівфарфору | у фарфору |
| Біловипалювальні вогнетривкі глини й каолін | 50-55             | 48-50          | 45-50     |
| Кварц                                       | 40-50             | 40-45          | 30-35     |
| Польовий шпат                               | 5-10              | 7-12           | 18-22     |

#### Фізико – механічні властивості санітарно-технічної кераміки

| Показники                        | у фаянсі  | у напівфарфору | у фарфору |
|----------------------------------|-----------|----------------|-----------|
| Водопоглинення %                 | 10-12     | 3-5            | 0,2-0,5   |
| Густина, $\text{кг/м}^3$         | 1900-1960 | 2000-2200      | 2250-2300 |
| Границя міцності при стиску, МПа | 100       | 150-200        | 500       |
| Границя міцності при вигині, МПа | 15-30     | 38-43          | 70-80     |

Таблиця 6 – Сировинний склад та основні фізико – механічні властивості санітарно – технічної кераміки.

#### **4.7.Вироби спеціального призначення.**

**Керамічна черепиця** є найпоширенішим керамічним матеріалом для покрівлі як в Україні, так і в західних європейських країнах завдяки своїй екологічній чистоті й довговічності (до 300 років), вогнестійкості, стійкості до атмосферних впливів. Черепицю виробляють з легкоплавких глин широкої колірної гами (від блакитного до чорного) Морозостійкість черепиці повинна бути не менше 25 циклів.

До недоліків відносять крихкість, трудомісткість монтажних робіт, велику вагу 1 м<sup>2</sup> (40-80 кг). Застосовують керамічну черепицю на крутих покрівлях з ухилом не менше 30°.

**Дорожня (клінкерна) цегла** – це штучні камені розмірами 220 × 110 × 65 мм і 220 × 110 × 78 мм, які виготовляють формуванням і наступним випалюванням до повного спікання.

**Дренажні труби** виготовляють пластичним формуванням (із високопластичних цегельних глин) круглого, шести - чи восьмигранного перерізу, внутрішнім діаметром від 25 до 250 мм і завдовжки 333 або 500 мм.

**Каналізаційні труби** виготовляють з тугоплавких або вогнетривких труб із спіснювальними добавками чи без них, циліндричної форми з розтрубом на одному кінці. Для кращої герметичності стиків кожна труба має нарізки – не менше п'яти витків на зовнішній стороні кінця труби і стільки ж на внутрішній стороні розтруба. Для монтажу трубопроводів виготовляють хрестовини, трійники, відводи, переходи, пробки, коліна.

**Кислототривкі вироби** виготовляють з пластичних глин без домішок карбонатів, сірчаного колчедану, гіпсу, які зменшують хімічну стійкість. Кислототривкі вироби призначені для футерування башт, резервуарів і печей на хімічних заводах, для опорядження підлог у цехах з агресивним середовищем.

#### **Завдання для самостійної роботи.**

1. Які сировинні матеріали використовують для отримання кераміки?
2. Наведіть класифікацію керамічних матеріалів за призначенням, структурою черепка та видом поверхні.
3. Які види, властивості й засоби виробництва керамічної цегли вам відомі?
4. Допоміжні сировинні матеріали, що застосовуються при виробництві будівельної кераміки.
5. Особливості способів пластичного формування і напівсухого пресування.
6. Основні властивості керамічної цегли та вимоги до його якості.
7. Основні види облицювальних керамічних матеріалів.
8. Наведіть характеристики стінових керамічних виробів.
9. Наведіть характеристики керамічних виробів для облицювання фасадів та внутрішнього облицювання.
10. Які сировинні матеріали використовують для отримання санітарно-технічної кераміки?

11. Особливості виготовлення санітарно-технічної кераміки.
12. Будівельні вироби з вогнетривкої кераміки.

## **Лекція 5. Матеріали та вироби на основі мінеральних розплавів.**

### **5. 1. Загальні відомості та сировинні матеріали для скла.**

За загально складеною історичною думкою технології виготовлення скла вперше почали використовувати близько 2500-3000 р. р. до н. е. у Межиріччі та Єгипті, близько 1500 років до н. е. У Єгипті почали виготовляти перші предмети домашнього вжитку. Це в основному були чаші, кухонне начиння та пляшки. Центрами виробництва скляних виробів були столиці Єгипту, спочатку Фіви, а потім Александрія. З Єгипту склоробство проникло на територію сучасної Італії (I ст. до н. е.). Рим у I ст. н. е. стає значним центром виробництва скла. Тут засновано декілька скляних майстерень і залучено значну кількість єгипетських склоробів. З Риму склоробство поширюється в римські провінції (Британія, Галлія та інші), а також у III–IV ст. на північне узбережжя Чорного моря і у Київську Русь.

**Склом** називають аморфні тіла, одержувані шляхом переохолодження розплавів, які у результаті поступового збільшення в'язкості набувають механічні властивості твердих тіл.

#### ***Сировинні матеріали для виробництва скла***

##### ***Основні сировинні матеріали***

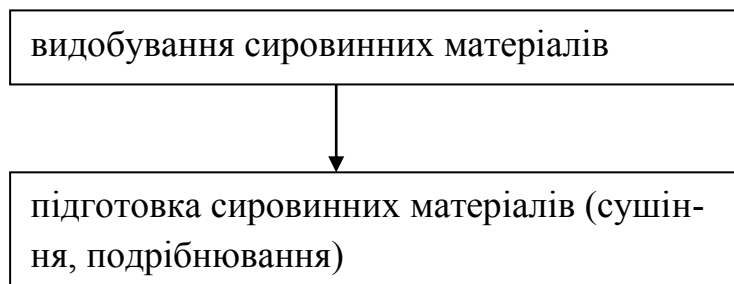
- кремнеземисті, що містять  $\text{SiO}_2$ , 55...75 мас. %;
- глиноземисті, що містять  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 2...25 мас. %;
- оксиди кальцію і магнію  $\text{CaO}$  і  $\text{MgO}$ ...5-10%;
- лужноземельні, що містять  $\text{Na}_2\text{O}$  та  $\text{K}_2\text{O}$  до 15 мас. %.

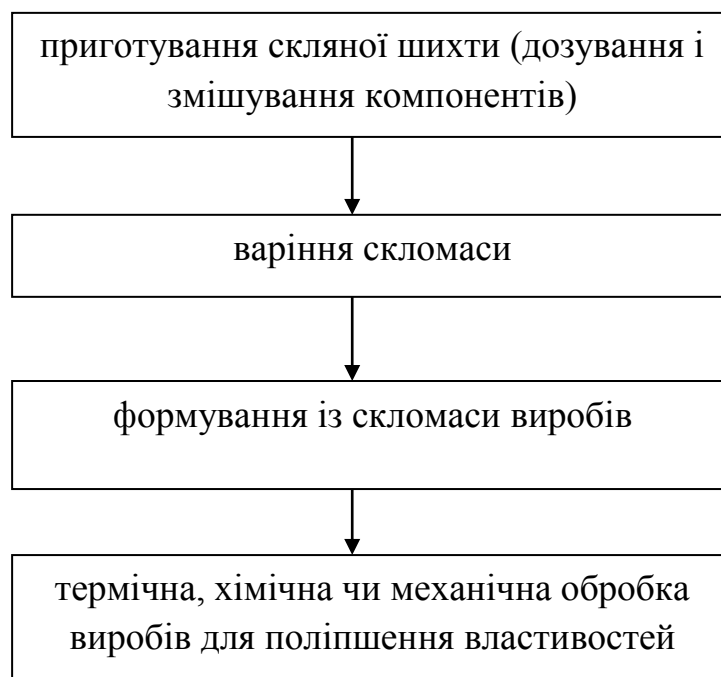
##### ***Допоміжні сировинні матеріали***

- окислювачі (нітрати, миш'як, оксид марганцю та інші.);
- відновники – речовини які містять вуглець (вугілля, кокс та оксид олова);
- освітлювачі (селітра, оксид аміаку, хлорид натрію, сульфат натрію);
- прискорювачі (оксид бору, барію, амонійні солі);
- глушники (сполуки фтору, фосфору, олова);
- барвники (оксиди заліза, оксид хрому та інші).

### **5. 2. Технологія виготовлення скла.**

Виробництво скла включає наступні технологічні операції:





Підготовка включає подрібнення та розмелювання крупних кусків, сушіння вологих матеріалів, класифікацію дисперсних матеріалів. Приготування скляної шихти починається з усереднення, дозування та перемішування компонентів.

Скловаріння здійснюється у печах безперервної (ванні печі) і періодичної (горшкові печі) дії.

**Процес варіння скла складається з п'яти етапів:** силікату утворення, скло утворення, освітлення, гомогенізації та охолодження. На першому етапі утворюються силікати та інші проміжні сполуки і, внаслідок плавлення евтектичних сумішей, з'являється рідка фаза. Утворені в шихті силікати разом з рідкою фазою та компонентами, що не прореагували, спікаються в щільну масу. Процес силікату утворення зазвичай розпочинається при температурі майже 725°C і завершується майже при 1150°C. З подальшим підвищенням температури в розплаві завершуються реакції силікату утворення, відбувається взаємне розчинення силікатів і надлишкового кремнезему, внаслідок чого утворюється скломаса, насичена газовими бульбашками. Процес скло утворення зазвичай завершується при температурі майже 1250°C.

Освітлення та гомогенізація скломаси відбуваються майже в одному інтервалі температур. З цією метою скломасу нагрівають до температури 1150...1600°C. З підвищенням температури різко знижується в'язкість розплаву й відповідно полегшується видалення газових бульбашок.

Процес скловаріння завершується охолодженням скломаси на 300°C, внаслідок чого вона набуває в'язкості, необхідної для формування виробів (витягування, прокатування, пресування, лиття тощо).

Формування виробів здійснюється різними методами: вертикальним та горизонтальним витягуванням, прокатуванням, способом плаваючої стрічки (флоат – спосіб), пресуванням, видуванням тощо.

Спосіб плаваючою стрічки є найбільш досконалим із всіх способів, відомих на цей час. Він дозволяє виготовляти скло з високою якістю поверхні. Особливістю цього способу є те, що процес формування стрічки протікає на поверхні розплавленого олова. Нижня поверхня скла виходить рівною за рахунок контакту з розплавленим металом, а верхня – завдяки дії сил поверхневого натягу скломаси. Після формування поверхня листового скла не потребує подальшого полірування.

### 5. 3. Властивості скла.

У будівельних конструкціях скло зазнає дії розтягувальних й ударних навантажень, рідше – дії стиску, тому основними характеристиками, що визначають його якість, є міцність при розтягу та крихкість.

Теоретична міцність скла при стиску становить більше 20000 МПа, а при розтягу – 12000 МПа, фактична – значно нижча (при стиску – 500...2000 МПа, при розтягу – 35...100 МПа).

Однією з причин великої різниці між теоретичною і реальною міцністю скла є дефектність поверхні реального скла – наявність мікро тріщин, що сильно послаблюють опір матеріалу впливу зовнішніх навантажень. Вважають, що утворення поверхневих дефектів залежить від ступеня однорідності вихідної маси, способу і умов формування виробів, характеру механічної та термічної обробки, температури і вологості навколишнього середовища, тривалості дії навантаження, масштабного фактору.

Крихкість як показник деформативності є головним недоліком скла.

Густина скла становить 2,45...2,55 г/см<sup>3</sup>, а для спеціальних стекол вона може досягати 8 г/см<sup>3</sup>. Теплопровідність звичайного скла становить 0,4...0,8 Вт/(м·К), а теплоємність – 0,63...1,05 кДж/(кг·К). Термічна стійкість: при різкому охолодженні скла поверхневі шари охолоджуються швидше внутрішніх і тому на поверхневих шарах скловиробів виникають напруження розтягу, у внутрішніх – стиску. При швидкому нагріванні виробу, навпаки, на поверхневих шарах скловиробів виникають напруження стиску, у внутрішніх – розтягу. Враховуючи, що руйнування скла починається з поверхні і міцність скла при стиску в багато разів більша міцності при розтягу, різке охолодження скловиробів більш небезпечніше, ніж швидке нагрівання. Зазвичай термостійкість скла залежить від хімічного складу, температурного коефіцієнта лінійного розширення і товщини виробів.

Скло має значну густину і водночас високу звукоізоляційну здатність. За цим показником скло завтовшки 1 см відповідає цегляній стіні завтовшки 12 см.

Хімічна стійкість скла залежить від його хімічного складу. Оксиди елементів І групи найбільш вагомо знижують водостійкість скла. Найбільший вплив на підвищення хімічної стійкості стосовно води мають оксиди ІV групи елементів:  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $ZrO_2$ .

Силікатне скло має високу стійкість до більшості розчинів кислот, за винятком  $HF$  та  $H_3PO_4$ .

#### **5. 4. Види скла і вироби з нього.**

**Листове віконне скло** виробляється товщиною від 2,0 до 6,0 мм, з максимальними розмірами – від 1000х1600 мм до 400х500 мм. Листове скло може бути полірованим, неполірованим, неполірованим поліпшеним. Світло пропускання складає 84-89 %. Маса 1 м<sup>2</sup> – 2...5 кг.

**Вітринне скло** застосовується для скління вітрин, вікон громадських будинків. Виробляється двох марок: М7 – поліроване, М8 – неполіроване, товщиною 6,5-12 см, розмірами до 3000х6000 мм.

**Скло листове візерунчасте** виготовляється прокатним способом, на одній чи на обох сторонах має рельєфний візерунок. Застосовується для декоративного скління віконних і дверних прорізів, внутрішніх перегородок, критих веранд. Може бути кольоровим і безбарвним.

**Армоване листове скло** відрізняється підвищеною міцністю і вогнетійкістю за рахунок армування звареною чи крученою сіткою зі сталевго дроту діаметр 0,45-0,6 мм. Може мати гладку, рифлену і візерунчасту поверхню. Застосовується для влаштування світлових прорізів, ліхтарів верхнього світла і т.д. Світло пропускання безбарвного армованого скла становить 65-75 %.

**Увіолеве скло** застосовують для скління оранжерей, віконних і дверних прорізів у дитячих і лікувальних закладах. Пропускає 25-75 % ультрафіолетових променів. Такі особливості скла зумовлюють сировинні компоненти з вмістом мінеральних домішок оксидів заліза, титану і хрому менше як 0,01%.

**Триплекс** (багатошарове скло) при ударі не дає осколків, тому що складається з декількох листів скла, міцно склеєних між собою полівінілбутирольною плівкою. Товщина триплексу становить не менше 9 мм, а маса 1 м<sup>2</sup> - близько 20 кг. Світло проникнення триплексу залежно від типу й товщини скла становить 69...78 %. Може бути армованим і неармованим.

**Електропровідне скло** використовується як джерело тепла і застосовується в будівництві для виготовлення склопакетів. Електропровідне прозоре покриття (тонка плівка солей металевго срібла) напилюванням наноситься на поверхню скла і забезпечує обігрів і запобігання запотіванню.

**Блоки скляні порожнисті** являють собою герметичні скляні коробки з гладкою чи ребристою зовнішньою поверхнею. Крім гарної світло пропускнуої здатності мають добрі тепло - й звукоізоляційні властивості. Застосовуються для влаштування зовнішніх і внутрішніх огорож. Випускають таких типорозмірів: 194х194мм, 244х244мм, завтовшки 98 мм і 244х244мм завтов-

шки 75мм. Світло пропускання становить 50...65 %.

**Склопакети** застосовуються для скління вікон, вітрин, дверей. Це ви-  
роби, що складаються з декількох листів світло пропускнуго скла, з'єднаних  
між собою по контуру. У такий спосіб утворюється герметичний замкнутий  
прошарок, заповнений сухим повітрям чи газом. Склопакети можуть бути  
звичайними, світлорозсіювальними, зміцненими, безосколковими, сонцеза-  
хисними, звукоізоляційними, електроопалювальними. Перевагою склопакетів  
є гарна тепло - і звукоізоляція, а також гігієнічність. Випускають склопакети  
таких розмірів: довжина 400...2550мм, ширина 400...2950 мм, товщина до 46  
мм. Відстань між стеклами у двошарових склопакетах становить 9, 12, 15  
мм, у тришарових - 9 і 12 мм. Основні фізичні властивості склопакетів наведе-  
но в табл. 7.

| Показник                                               | Склопакет з повітряним прошарком, мм |         |              |         |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------|--------------|---------|
|                                                        | з 2-х стекол                         |         | з 3-х стекол |         |
|                                                        | 15                                   | 20      | 15           | 20      |
| Коефіцієнт тепловід-<br>дачі, Вт/м <sup>2</sup>        | 3,13                                 | 2,72    | 1,97         | 1,74    |
| Світлопропускання, %                                   | 70                                   | 70      | 60           | 60      |
| Звукоізолююча здат-<br>ність при частоті 550<br>Гц, дБ | 40...45                              | 40...45 | 48...55      | 48...55 |

Таблиця 7 – Фізичні властивості склопакетів

**Труби скляні** використовують для транспортування рідини, газів і тве-  
рдих речовин при температурі від - 50 до 120°C. Застосовують для напірних,  
безнапірних і вакуумних трубопроводів. Їх застосування обмежене крихкістю  
і недостатньою термостійкістю скляних виробів.

**Кольорове листове скло** являє собою листи головним чином бронзо-  
вого кольору зі світло пропусканням 1,5-2 %. Фарбування поверхні скла здійс-  
нюється електрохімічним способом. Кольорові стекла мають в основному  
декоративне призначення і застосовуються для скління вікон, дверей, вигото-  
влення і влаштування вітражів.

**Скломармур (марблін)** являє собою виріб з кольорового глушеного  
скла, що має мармуроподібне фарбування, поліровану лицьову і рифлену  
тильну сторони. Застосовується для декоративного захисного облицювання  
стін будинків, покриттів підлог, оформлення інтер'єрів, антикорозійного за-  
хисту будівельних конструкцій.

**Піноскло** – штучний пористий матеріал, отриманий за рахунок додавання в розмелене скло невеликої кількості деревного вугілля чи вапняку або інших матеріалів, що виділяють газу при температурі розм'якшення скла. Піноскло застосовується в конструкціях як тепло - і звукоізолятор. Виготовляють у вигляді блоків і гранул, густина – 100-700 кг/м<sup>3</sup>, коефіцієнт теплопровідності – 0,04-0,15 Вт/(м·°C).

**Скляне волокно** у вигляді безупинних ниток, тканини, полотна широко застосовується для виробництва композиційних матеріалів (склопластиків, склотекстоліту, склоруберойду та ін. гідроізоляційних й покрівельних матеріалів), виконуючи в них функції армуючого компонента. Діаметр скловолосна-5-15 мкм, міцність при розтягу досягає 4000 МПа.

## **5. 5.Ситали та шлакоситали.**

**Ситали** – це склокристалічні матеріали, отримані із скляних розплавів шляхом їх повної чи часткової кристалізації.

Технологія виробництва ситалів аналогічна технології виробництва скла, доповнена кристалізацією виробів. На відміну від скла ситали мають структуру, яка нагадує мікробетон, де об'єм кристалічної фази досягає 90-95 %. Така структура забезпечує ситалам позитивні властивості скла, підвищує міцність при вигині й теплостійкість, робить ситали менш крихкими, ніж скло. Твердість ситалів наближається до твердості загартованої сталі, термостійкість виробів із ситалів досягає 1100°C. За зовнішнім виглядом ситали бувають сірого, коричневого, кремового кольору, глухі й прозорі. У будівництві ситали застосовують для підлог у промислових цехах, де можливий вплив агресивних речовин і розплавів металів, а також рух транспорту великої вантажопідйомності.

**Шлакоситали** – різновид ситалів. Одержують шляхом керованої кристалізації розплаву, сировиною для якого служать металургійні шлаки, кварцовий пісок і деякі добавки. Це щільний, непрозорий матеріал, що має міцність при стиску 650 МПа, густина – 2500-2700 кг/м<sup>3</sup>, термічну стійкість до 750°C.

### **Завдання для самостійної роботи.**

1. Сировинні матеріали, що застосовуються для отримання різних видів плавлених матеріалів.
2. Способи виробництва скла.
3. Найголовніші властивості скла.
4. Види зміцнених стекол.
5. Види і властивості скляних стінових матеріалів.
6. Матеріали й вироби зі скла.
7. Марки скла.

## 8. Ситали та шлакоситали.

### Лекція 6. Неорганічні в'язучи речовини (повітряні)

#### 6.1. Загальні відомості та класифікація мінеральних в'язучих речовин.

До неорганічних в'язучих речовин належать порошкоподібні матеріали, що утворюють при змішуванні з водою або іншою рідиною (наприклад, розчинами солей, лугів та кислот) пластичне тісто, яке внаслідок певних фізико-хімічних процесів перетворюється у каменеподібне тіло.

Процес твердіння в'язучих речовин починається з тужавіння пластичного тіста (ущільнення та загуснення) з поступовим перетворенням його на каменеподібне тіло, що здатне з часом набирати міцності за рахунок протікання процесів структуроутворення.

У 1825 р. в наукових працях російського військового техника Е. Челієва з'явилося повідомлення з описом технології одержання цементу шляхом випалу до спікання суміші вапняку і глини. Одночасний винахід цементу був запатентований англійцем Джозефом Аспдином, який, порівнюючи затверділий стан цементного каменю з гірською породою, що добувалася біля м. Портленд, назвав свій винахід «портландцементом».

Неорганічні в'язучі залежно від умов твердіння і експлуатації прийнято класифікувати на *повітряні*, *гідралічні* й *в'язучі автоклавного твердіння*.

*Повітряні в'язучі* можуть тверднути і набирати міцність тільки на повітрі. До цієї групи відносяться гіпсові, магнезіальні, вапняні в'язучі, рідке скло.

*Гідралічні в'язучі* тверднуть та зберігають міцність не тільки на повітрі, але й у воді. За хімічним складом гідралічні в'язучі являють собою складну оксидну систему –  $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ . До гідралічних в'язучих відносять: портландцемент і його різновиди, глиноземистий цемент і його різновиди, гідралічне вапно і романцемент.

*В'язучі речовини автоклавного твердіння* здатні тверднути й утворювати міцний камінь в автоклавах в умовах підвищених температур, тиску і вологості. До таких в'язучих речовин належать вапняно - кремнеземисті, вапняно-шлакові й вапняно-зольні.

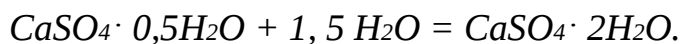
#### 6. 2. Гіпсові в'язучи речовини.

*Сировиною* для одержання гіпсових в'язучих найчастіше служить природний гіпсовий камінь, що переважно складається з мінералу гіпсу  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , а також ангідрит  $\text{CaSO}_4$ , або відходи промисловості (фосфогіпс, борогіпс).

Залежно від умов термообробки гіпсової сировини утворюються  $\alpha$ - або  $\beta$ -модифікації напівгідрату і розчинного ангідриту.

Твердіння гіпсових в'язучих речовин відбувається внаслідок розчи-

нення напівводного сульфату кальцію (напівгідрату) й появи насиченого розчину, в якому відбуваються реакції гідратації з утворенням двоводного сульфату кальцію:



Гіпсові в'язучі речовини, що складаються переважно з  $\alpha$  – модифікації  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  і відрізняються підвищеною міцністю (25...60 МПа) і меншою пористістю, виготовляються обробкою гіпсового каменю під тиском (0,13...0,7 МПа) або витримуванням у рідких середовищах (наприклад, з використанням  $\text{CaCl}_2$ ). Залежно від параметрів теплової обробки гіпсові в'язучі речовини поділяються на дві групи: низько - та високо випалювальні. Низько випалювальні гіпсові в'язучі речовини, що швидко тужавіють та тверднуть, отримують тепловою обробкою природного гіпсу при низьких температурах (110...160°C), або обробкою парою під тиском 0,13-0,70 МПа. Дегідратація сировини в зазначених умовах обумовлює перетворення двоводного гіпсу на напівгідрат за схемою:



До низько випалювальних гіпсових в'язучих речовин належать: будівельний, формувальний та високоміцний гіпс.

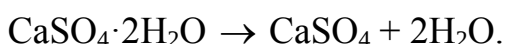
**Будівельний гіпс** складається в основному з кристалів  $\beta$  - модифікації  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ , містить частки сировини, що не розклалася, і незначну кількість  $\text{CaSO}_4$ . Його одержують у чи казанових печах. Міцність при стиску складає 2-10 МПа.

**Високоміцний гіпс** одержують термічною обробкою високосортного гіпсового каменю в герметичних апаратах під тиском пари. Зазначена технологія дозволяє одержати більш активну  $\alpha$ -модифікацію напівводного сульфату кальцію  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ , тому міцність високоміцного гіпсу при стиску 10-25 МПа.

**Формувальний гіпс** застосовується для виготовлення форм у керамічній і фарфоро-фаянсовій промисловості, містить незначну кількість домішок, в основному складається з модифікації напівгідрату.

**Високо випалювальні** - гіпсові в'язучі (естрих-гіпс) одержують шляхом випалу гіпсового каменю при високих температурах 600-900°C.

При вказаній температурній обробці сировини відбувається повна дегідратація з утворенням ангідриту  $\text{CaSO}_4$ :



Високо випалювальний гіпс, на відміну від будівельного, повільно тужавіє і твердіє, але його водостійкість і міцність при стиску вища (10-20 МПа).

Технічні характеристики гіпсових в'язучих оцінюються визначенням тонкості помелу, водо потреби, строків тужавлення, міцності при вигині й стиску, водостійкості.

*Істинна густина* гіпсових в'язучих – 2,6...2,75 г/см<sup>3</sup>;

*Насипна густина* – 800...1100 кг/м<sup>3</sup>;

*Водо потреба* визначається кількістю води, потрібної для приготування тіста стандартної консистенції (діаметр розливу  $180 \pm 5$  мм).

Для отримання тіста нормальної густоти з  $\beta$ -модифікації  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  потрібно 50...80 % води, а з  $\alpha$ -модифікації  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  - 30...40 %.

*Строки тужавлення.* За строками тужавлення гіпсові в'яжучі поділяють на три групи: **А** – швидко тверднучи (з початком тужавлення не раніше 2 хв. і кінцем не пізніше -15 хв.), **Б** – нормально тверднучи (з початком тужавлення не раніше 6 хв. і кінцем – не пізніше 30 хв.), **В** – повільно тверднучи (початок тужавлення не раніше 20 хв.).

*Міцнісні* показники гіпсових в'яжучих визначають випробуванням зразків-балочок розмірами 40x40x160 мм з гіпсового тіста стандартної консистенції через 2 години після виготовлення.

Для гіпсових в'яжучих встановлено 12 марок за міцністю при стиску (МПа): Г-2, Г-3, Г-4, Г-5, Г-6, Г-7, Г-10, Г-13, Г-16, Г-19, Г-22, Г-25, де цифра означає нормовану межу міцності при стиску.

Маркування гіпсу здійснюється з урахуванням його міцності, строків тужавлення та тонкості помелу, наприклад, гіпсова в'яжуча речовина з позначкою Г-5-А-ІІ ДСТУ БВ 2.7-82-99 відповідає марці Г-5, є швидко тверднучою і характеризується середньою тонкістю помелу.

*Водостійкість* гіпсових виробів є невисокою: коефіцієнт розм'якшення становить 0,35...0,4.

Гіпсові в'яжучі застосовують для виготовлення гіпсобетонних виробів (перегородкові панелі), сухої штукатурки, штукатурних розчинів, гіпсоцементнопуццоланових в'яжучих (ГЦПВ) а також для виробництва ГКЛ (гіпсокартонних листів).

### **6. 3. Повітряне будівельне вапно.**

*Повітряне будівельне вапно* – продукт випалювання не до спікання при температурі 800...1200 °С кальцієву - магнієвих гірських порід (вапняку, крейди, вапняку-черепашнику, доломітного вапняку), що містять не більше 6% глинистих домішок.

Основним технологічним процесом при отриманні повітряного вапна є випалювання, при цьому утворюється продукт (грудкове негашене вапно) у вигляді поритих кусків, що активно взаємодіють з водою:



Продукт випалювання містить, крім головної складової частини, також деяку кількість оксиду магнію, який утворюється в результаті термічної дисоціації:



Для випалювання карбонатної сировини використовуються печі різних конструкцій: шахтні, обертові, з «киплячим шаром», циклонно-вихрові, агломераційні грати.

Недостатній чи надмірний випал вапна у печі знижує його якість.

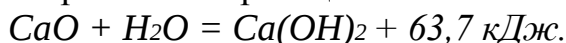
Залежно від вмісту оксиду магнію, повітряне вапно поділяють на кальцієве (вміст  $MgO \leq 5 \%$ ), магнезіальне ( $MgO - 5 \dots 20 \%$ ) та доломітове ( $MgO - 20 \dots 40 \%$ ).

Повітряне вапно поділяють на:

- а) негашене грудкове (вапно - скипіле) – продукт випалювання карбонатних порід;
- б) негашене мелене – продукт помелу грудкового вапна;
- в) гідратне (гашене) вапно – тонкий пухкий порошок, який утворюється при змішуванні грудкового вапна з водою.

Мелене негашене вапно транспортують у герметично закритих металевих контейнерах або мішках. Зберігати мелене вапно можна не більш як 15 діб на сухих складах.

Гашене вапно утворюється за реакцією

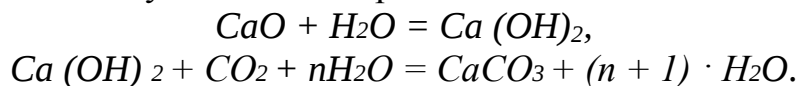


Теоретично для гашення вапна потрібно 32,13 % води від маси  $CaO$ . Залежно від того, скільки води витрачається для гашення, отримують три різних продукти.

Якщо кількість води становить біля 70 % від маси вапна, отримують вапно - пушонку або гідратне вапно, яке збільшується в об'ємі в 2...3,5 рази порівняно з грудковим вапном, і має насипну густину 400...450 кг/м<sup>3</sup>.

Якщо кількість води при гашенні досягає 200...250 % від маси вапна, то утворюється пластичне вапняне тісто, що містить 50 % води. При витраті ще більшої кількості води утворюється вапняне молоко.

При змішуванні з водою твердіння гашеного вапна пов'язане з двома процесами: кристалізацією гідроксиду кальцію  $Ca(OH)_2$  при висиханні вапняних розчинів та наступною його карбонізацією:



Утворений карбонат кальцію  $CaCO_3$  зростається з кристалами  $Ca(OH)_2$  і зміцнює вапняний розчин та підвищує його водостійкість. Щоб прискорити твердіння, до вапна додають цемент і гіпс, піддають виробі штучній карбонізації.

**Технічні характеристики будівельного вапна** оцінюються визначенням активності, тонкості помелу, швидкості гашення, водо потреби, строків тужавлення, міцності при стиску.

Істинна густина негашеного вапна – 3,1...3,3 г/см<sup>3</sup>, а гашеного у кристалічному стані  $Ca(OH)_2$  – 2,23 г/см<sup>3</sup>. Насипна густина грудкового вапна – 1600...2600 кг/м<sup>3</sup>, а меленого негашеного вапна – 900...1100 кг/м<sup>3</sup>, гідратного (гашеного) вапна – 400...500 кг/м<sup>3</sup>, а вапняного тіста – 1300...1400 кг/м<sup>3</sup>.

За вимогами стандарту сорт будівельного повітряного вапна визначається залежно від його активності, що оцінюється за змістом активних оксидів ( $CaO + MgO$ ), який становить не менше 70...90 %.

Повітряне вапно характеризується пластичністю, пов'язаною з його

високою водоутримувальною здатністю, внаслідок чого вапняні розчини мають високу легкоукладальність, рівномірно розподіляються тонким шаром на поверхні цегли або бетону, добре зчіплюються з ними.

*Строки тужавлення.* Будівельні розчини на основі гашеного вапна тужавіють дуже повільно (протягом 5...7 діб), причому цей процес прискорюється при сушінні.

Будівельні розчини і бетони на основі меленого негашеного вапна швидко тужавіють і тверднуть (через 15...60 хв. після замішування), причому водо вапняне відношення зазвичай становить 0,9...1,5. Розчини та бетони, що здатні до самонагрівання під час гідратації, доцільно використовувати при проведенні робіт у зимовий період (штукатурення, мурування, бетонування тощо).

*Міцність* будівельних розчинів і бетонів на основі повітряного будівельного вапна залежить від умов його твердіння. Будівельні розчини на основі гашеного вапна повільно тверднуть при звичайних температурах (10...20 °C) і через місяць набувають невеликої міцності (0,5...1,5 МПа). Твердіння розчинів на основі негашеного вапна в повітряних умовах через 28 діб сприяє отриманню каменю міцністю 2...3 МПа. Автоклавне твердіння щільних вапняно-піщаних бетонів дозволяє отримати камінь міцністю 30...40 МПа та вище.

Повітряне вапно використовують для приготування мурувальних розчинів, а також для виготовлення штучних бетонних виробів, силікатної цегли й інших вапняно-піщаних виробів автоклавного твердіння, фарбових сумішей.

#### **6.4. Магnezіальні в'язучі речовини.**

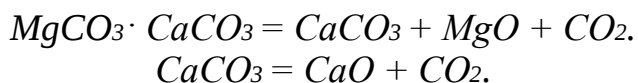
*Магnezіальні в'язучі* речовини – каустичний магнезит і каустичний доломіт – це дисперсні порошки, головною складовою частиною яких є оксид магнію. Особливістю цих в'язучих є те, що вони замішуються не водою, а водними розчинами солей. Магnezіальні цементи, відомі як цементи Сореля, не потребують вологих умов твердіння, забезпечують високу вогнестійкість, низьку теплопровідність, підвищені зносостійкість та міцність утвореного штучного каменю.

Як сировину для магnezіальних в'язучих найчастіше використовують магнезит  $MgCO_3$  (іноді доломіт  $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ ). Магнезит випалюють при температурі 750...850°C до повного розкладання  $MgCO_3$  на оксиди:



При підвищенні температури випалювання спостерігається зростання кристалів та їхня рекристалізація, що обумовлює зменшення активності  $MgO$  та швидкості його гідратації.

Розкладання доломітів в інтервалі температур 700...900 °C проходить у два етапи:



Магнезіальні в'язучі речовини змішують водним розчином хлориду магнію  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  або інших магнезіальних солей. Це сприяє прискоренню твердіння та підвищенню міцності в'язучих, оскільки поряд із гідратацією оксиду магнію та утворенням бруситу  $Mg(OH)_2$ , відбувається процес синтезу гідро хлориду магнію  $MgCl_2 \cdot 3 Mg(OH)_2 \cdot 7H_2O$ , який кристалізується у вигляді волокон і підвищує міцність матеріалу при вигину.

Магнезіальні в'язучі речовини характеризуються високою міцністю при стиску, що досягає 60...100 МПа; високою адгезією до заповнювачів. Магнезіальний цемент використовують найчастіше разом з органічними заповнювачами. Такі вироби відрізняються підвищеною ударною в'язкістю, добре оброблюються, є жаростійкими, мають звукоізоляційні властивості. Типовими прикладами таких матеріалів є ксилоліт (заповнювач – деревна тирса) та фіброліт (заповнювач – довговолокониста деревна маса).

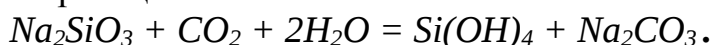
На основі магнезіальних в'язучих речовин виготовляють теплоізоляційні піно - і газоматеріали. Ці в'язучі речовини можна застосовувати при проведенні штукатурних робіт, використовуючи як заповнювач кварцовий пісок.

#### **6.5. Рідке скло та кислототривкий кварцовий цемент.**

**Рідке скло** – це колоїдний водний розчин силікатів натрію чи калію. Густина його 1,3...1,5 г/см<sup>3</sup>. Сировина для виготовлення рідкого скла: кварцовий пісок, кальцинована сода або сульфат натрію, поташ. Технологія виготовлення включає такі етапи:

- приготування сировини;
- дозування і перемішування складових компонентів;
- розплав у скловарних печах протягом 7 – 10 годин при температурі 1300...1400°C;
- швидке охолодження вагонетках, при якому напівфабрикат твердне, розколюється на куски – силікат-брили;
- подрібнення силікат-брили, розчинення у воді у автоклавах при тиску 0,5...0,7 МПа і температурі 150°C.

Отримане рідке скло має вигляд сиро подібної маси, переходить у рідкий стан і набуває в'язучих властивостей. Залежно від сировини розрізняють рідке скло натрієве або калієве. Натрієве рідке скло застосовують для виготовлення кислото - і жаротривких обмазок, розчинів і бетонів, для ущільнення ґрунтів, запобігання їх просідання. Калієве розчинне скло дорожче, його застосовують при виготовленні силікатних фарб. Твердне рідке скло на повітрі внаслідок висихання і виділення аморфного кремнезему під дією вуглекислоти повітря за такою реакцією:



Рідке скло не придатне до використання у конструкціях, де є тривалий вплив води, лугів, фосфорної кислоти, кремнефтористоводневої кислоти.

### **Кислототривкий кварцовий цемент**

Кислототривкий кварцовий цемент – це порошкоподібний матеріал, отриманий спільним помелом чистого кварцового піску (30%) і кремнефториду натрію (4...6%). Замішують водним розчином рідкого скла, бо сам порошок в'яжучих властивостей не має. Застосовують для виготовлення кислототривких бетонів, розчинів, замазок. Як заповнювачі використовують кварцовий пісок, граніт, андезит. Матеріал не є водостійким. Щоб підвищити водостійкість, додають 0,5% лляної олії або 2% іншої гідрофобної добавки. Так отримують кислототривкий водостійкий цемент. З кислототривкого бетону виготовляють резервуари, травильні ванни. Кислототривкий розчин використовують для футерівки кислототривкими плитками (керамічними, скляними) залізобетонних, бетонних, цегляних конструкцій на підприємствах хімічної промисловості.

### **Завдання для самостійної роботи.**

1. Що таке повітряні і гідравлічні в'яжучі?
2. Які основні види гіпсових в'яжучих і їх властивості вам відомі?
3. Область застосування гіпсових в'яжучих речовин.
4. Що таке повітряне вапно? Його властивості.
5. Для одержання яких матеріалів і виробів використовують вапно?
6. Які ви знаєте магнезіальні в'яжучі, чим їх зачиняють?
7. Матеріали і вироби на основі магнезіальних в'яжучих.
8. Що таке рідке скло?
9. Область застосування рідкого скла в будівництві.

## **Лекція 7. Неорганічні в'яжучі речовини (гідравлічні).**

### **7.1. Гідравлічне вапно та романцемент.**

Сировиною для виробництва *гідравлічного вапна* є мергелясті вапняки, що містять 6–20 % глинястих домішок. Вапняки випалюють у шахтних печах при температурі 900–1100 °С, не доводячи до спікання. Під час випалювання паралельно з розкладанням карбонату утворюється не лише вільне вапно  $\text{CaO}$ , а і його сполуки з оксидами глини: силікати  $2\text{CaO SiO}_2$ , алюмінати  $2\text{CaO Al}_2\text{O}_3$  і ферити  $2\text{CaO Fe}_2\text{O}_3$  кальцію, які надають вапну гідравлічних властивостей.

Гідравлічне вапно перші сім діб твердне на повітрі, а далі може тверднути й набирати міцності у воді. Гідравлічне вапно не має високої міцності. Таке вапно перевозять і зберігають у закритих ємкостях, запобігаючи його зволоженню.

Гідравлічне вапно буває двох видів 1- слабо гідравлічне з гідравлічним модулем  $m = 4,5-9$ ; 2- сильно гідравлічне з гідравлічним модулем  $m = 1,7-4,5$ .

Гідравлічний модуль ( $m$ ) - це відношення  $\text{CaO}$  до суми  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Властивості гідравлічного вапна : початок тужавіння-0,5-2,0 години.

Кінець тужавіння 8-16 годин. Істина густина 2,3-3,0 г/см<sup>3</sup>. Насипна густина 0,5-0,8 г/см<sup>3</sup>. Міцність при стиску у слабо гідралічного вапна - 1-1,5 МПа. , у сильно гідралічного вапна - 2-5 МПа.

Гідралічне вапно застосовують для приготування мурувальних та штукатурних розчинів, бетонів не високих класів, а також для виготовлення бетонного стінового каміння, призначеного для експлуатації в сухих та вологих умовах.

Сировиною для виробництва **романцементу** є вапняки й магнезіальні мергелі, що містять 25 % і більше глини. Сировину випалюють у шахтних чи інших печах при температурі 900 °С. Утворювані при випалюванні низько основні силікати та алюмінати кальцію надають романцементу гідралічних властивостей.

Тужавіння й твердіння романцементу відбуваються внаслідок гідратації силікатів та алюмінатів кальцію, аналогічних наявним у гідралічному вапні. За міцністю при тиску, МПа, романцемент випускають трьох марок: 2,5; 5 і 10. Застосовують його для приготування будівельних розчинів і бетонів, виготовлення бетонного стінового каміння невисокої міцності, що дає змогу економити цінніший і дефіцитніший портландцемент.

## 7. 2. Портландцемент та технологія його виробництва.

**Портландцементом** називають порошкоподібний матеріал, що отримують в результаті спільного помелу клінкера (продукту спікання вапняно-глинистої суміші при температурі 1400-1500°С), гіпсу і мінеральних добавок. Невелика добавка гіпсу (3-5 %) на стадії помелу клінкера додається для регулювання термінів тужавлення.

Технологія виробництва портландцементу є досить енергоємним процесом і складається з наступних етапів: видобуток сировини в кар'єрі і його доставка на завод, приготування сировинної суміші, випал сировинної суміші до спікання (одержання клінкера), помел клінкера з одержанням порошку.

Сировиною для виробництва портландцементу служать вапняки з високим вмістом карбонату кальцію (крейда, щільний вапняк, мергелі), і глинисті породи (глини, глинисті сланці), що містять SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

У середньому для виробництва 1 т цементу витрачається 1,5 т сировинних матеріалів при оптимальному співвідношенні карбонатної і глинистої складової відповідно 3:1.

Підготовка сировинних матеріалів до випалу полягає в тонкому подрібнюванні й змішанні компонентів з дотриманням установленого співвідношення. Залежно від виду підготовки сировинної суміші до випалу портландцемент одержують трьома способами: **мокрый** (помел і змішання сировини роблять у воді до одержання однорідного шламу, що містить до 40 % води), **сухий** (матеріали подрібнюють і перемішують у сухому вигляді до отримання сировинного борошна містить до 10-12 % води) і **комбінований** (сировинну суміш готують мокрим способом, отриманий шлам збездводнюють і гранулюють).

Основним етапом виробництва портландцементу є випал, здійснюваний у печах, що обертаються. Піч являє собою зварений циліндр діаметром 4...7 м і довжиною 150...245 м. Конструкція печі і її розташування (легкий ухил до горизонту) дозволяють гартованій масі переміщуватися з однієї температурної зони в іншу назустріч топковому газу. Випал підготовленої сировини супроводжується складними фізико-хімічними процесами. З цього погляду умовно його поділяють на 6 температурних зон:

**1-а зона – зона випаровування.** При поступовому підвищенні температури з 70°C сировина підсушується.

**2-а зона – зона підігріву.** Сировина поступово нагрівається від 200°C до 700°C, вигорають органічні домішки, видаляється хімічно зв'язана вода, що містилася в глинистому мінералі.

**3-я зона – зона кальцювання.** Підвищення температури від 700°C до 1100°C приводить до розкладання глинистого мінералу і карбонату кальцію з утворенням вільних оксидів  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ . У цій же температурній зоні відбуваються твердо фазові реакції взаємодії між зазначеними оксидами, в результаті яких утворюються мінерали  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ , частково  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ .

**4-а зона – зона екзотермічних реакцій.** З подальшим підвищенням температури (1100-1250°C) завершується утворення мінералів  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ,  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ .

**5-а зона – зона спікання.** Температура гартованого матеріалу досягає 1300-1450 °C. Відбувається часткове плавлення матеріалу утворюється головний клінкерний мінерал  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ , повністю зв'язується вільний оксид кальцію.

**6-а зона – зона охолодження.** Отриманий клінкер охолоджується до 1000°C, завершується формування його мінералогічного складу.

Після випалу клінкер подрібнюється в тонкий порошок переважно в трубних млинах. Зі збільшенням тонкості помелу підвищується активність цементу, однак процес подрібнювання клінкера зв'язаний зі значними витратами електроенергії, тому оптимальний розмір цементних зерен від 5 до 40 мкм.

### 7. 3. Хіміко - мінералогічний склад портландцементного клінкеру

**Хімічний склад клінкера** визначається процентним вмістом оксидів, що у процесі випалу беруть участь у реакціях мінералоутворення цементного клінкера. Так, цементний клінкер містить:  $\text{CaO}$  – 63-66 %,  $\text{SiO}_2$  – 21-24 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 4-8 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 2-4 %.

**Мінералогічний склад клінкера** містить такі мінерали:

Аліт –  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ , визначає швидкість твердіння, міцнісні характеристики майбутнього цементного каменю. Вміст у клінкері – 45-60 %.

Беліт –  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ , твердіє повільно, але забезпечує високу міцність при тривалому твердінні. Вміст у клінкері – 20-30 %.

Трикальцієвий алюмінат –  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ , активно вступає у взаємодію з

водою. Підвищений вміст цього мінералу в складі цементу є причиною сульфатної корозії. Вміст у клінкері – 4-12 %.

Чотирикальцієвий алюмоферрит –  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ , по швидкості твердіння займає проміжне положення між алітом і белітом. Вміст у клінкері – 10-20 %.

#### **7.4. Твердіння портландцементу й формування структури цементного каменю.**

**Твердіння портландцементу.** Внаслідок змішування цементного порошку з водою утворюється пластичне тісто, яке поступово згущується й переходить у каменеподібний стан. Таке перетворення називають твердінням цементу. Це складне явище зумовлене фізико-хімічними та фізико-механічними процесами гідратації клінкерних мінералів та структуроутворенням цементного тіста й цементного каменю. Тому, незважаючи на те, що теорія твердіння цементу нараховує більше 100 років, сьогодні існують лише її гіпотези. Відомі кристалізаційна теорія твердіння мінеральних в'язучих Ле- Шательє (1882 р.), колоїдна теорія В. Михаеліса (1909 р.), а також теорія О.О.Байкова (1930 р.). Згідно цих гіпотез розрізняють три основних періоди твердіння портландцементу:

- розчинення й гідратація, коли мінерали клінкеру здатні, тією чи іншою мірою переходити в розчин, взаємодіючи з водою з утворенням пересичених нестійких систем;
- колоїдація (тужавіння), яка характеризується переходом новоутворень у колоїдну систему (гель);
- кристалізація, коли колоїдна система поступово кристалізується (твердне) з наростанням міцності за рахунок утворення й росту кристалів.

Типовими реакціями, характерними для твердіння портландцементу, є реакції гідратації, що протікають із приєднанням води.

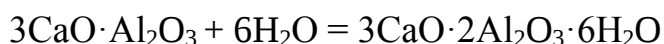
Процес твердіння портландцементу в основному визначається гідратацією силікатів, алюмінатів і алюмоферитів кальцію. Аліт  $\text{C}_3\text{S}$  при взаємодії з водою дає гідросилікат кальцію різного складу й при повній гідратації реакція протікає за схемою:



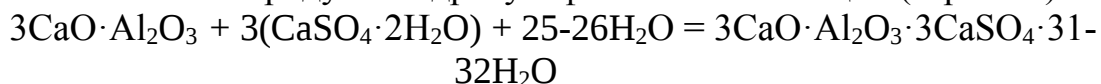
Гідратація беліта –  $\text{C}_2\text{S}$  при кімнатній температурі йде так само за наведеною схемою, але при цьому вапна виділяється менше:



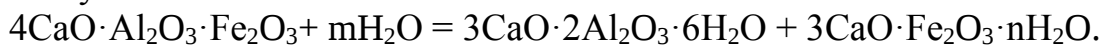
Взаємодія  $\text{C}_3\text{A}$  з водою протікає з більшою швидкістю й значним виділенням тепла:



Трьохкальцієвий гідроалюмінат ( $\text{C}_3\text{A}$ ) є єдиною стійкою сполукою з усіх гідроалюмінатів кальцію. У присутності двоводного гіпсу й води  $\text{C}_3\text{A}$  утворює комплексний продукт – гідросульфоалюмінат кальцію (етрингіт):



Ця фаза сповільнює швидку гідратацію  $C_3A$  за рахунок утворення захисного шару, що приводить до уповільнення строків тужавлення цементу. Алюмоферитна фаза ( $C_4AF$ ) в умовах гідратації портландцементу, тобто насиченого вапном розчину, при кімнатній температурі взаємодіє з водою за наступною схемою:



### 7. 5. Властивості портландцементу.

**Істинна густина** портландцементу, залежно від хімічного й фазового складу, коливається в межах  $2,9 - 3,2 \text{ г/см}^3$ .

Насипна густина у сипкому стані становить  $900-1200 \text{ кг/м}^3$

**Водо потреба** цементу при одержанні тіста нормальної густоти становить  $24-28 \%$ . Під водо потребою розуміють ту кількість води, яка необхідна для одержання тіста нормальної густини.

Водо потреба портландцементу залежить від мінерального складу, тонкості помелу, наявності активних добавок осадового походження (трепел, діатоміт і ін.) до  $10-15 \%$ .

**Строки тужавлення** – це термін часу, при якому рухлива суміш цементу з водою поступово густіє й здобуває початкову міцність. Розрізняють початок і кінець тужавлення. Ці строки визначають на тісті нормальної густини при температурі  $20^\circ\text{C} \pm 2$  за глибиною занурення в нього голки приладу Віка. За строками тужавлення розрізняють:

- швидкотвердіючі цементі (початок тужавлення менше  $45 \text{ хв.}$ );
- нормальнотвердіючі цементі (початок тужавлення не раніше  $45 \text{ хв}$  і не пізніше  $1,5 \text{ годин}$ );
- повільнотвердіючі цементі (початок тужавлення перевищує  $1,5 \text{ год.}$ )

Для портландцементу кінець тужавлення відповідно до ДСТУ повинен наступати не пізніше  $10 \text{ год.}$  від моменту змішування з водою. В'яжуче тим цінніше, чим швидше наростає його міцність після початку тужавлення, тобто чим менше розрив у часі між його початком і кінцем.

На швидкість тужавлення цементу впливає В/Ц і температура. Зі збільшенням В/Ц і зниженням температури швидкості тужавлення й твердіння зменшуються й навпаки.

Більш тонкий помел цементу сприяє збільшенню швидкості його тужавлення.

**Тонкість помелу** впливає на міцність цементу: Зі збільшенням тонкості помелу міцність цементу зростає. Середній розмір зерен портландцементу становить  $40 \text{ мкм}$ . Тонкість помелу характеризується залишком на ситі № 008 не більше  $15 \%$ . Вона характеризується також величиною питомої поверхні ( $\text{м}^2/\text{кг}$ ), сумарною поверхнею зерен ( $\text{м}^2/\text{в } 1 \text{ кг цементу}$ ). Питома поверхня заводського цементу становить  $250....300 \text{ м}^2/\text{кг}$ .

**Рівномірність зміни об'єму** оцінюють візуально за деформацією зразків - коржів (діаметром  $70-80$  і завтовшки  $10 \text{ мм}$ ) з цементного тіста нормальної густоти, які було прокип'ячено після  $24 \text{ год.}$  твердіння в нормальних

вологових умовах. Основними причинами нерівномірної зміни об'єму цементного каменю є гашення в ньому вільного вапна й гідратація периклазу, або у деяких випадках утворення в уже затверділій структурі гідросульфоалюмінату кальцію, що пов'язано з перевищеною дозою гіпсу.

**Активність і марка** цементу характеризуються його механічною міцністю, що встановлюється як межа міцності при стиску половинок зразків - балочок розміром 4x4x16 см. Ці зразки виготовляють з цементно-піщаної розчинної суміші складу 1:3 (за масою) при В/Ц = 0,4 на піску середньої крупності з консистенцією суміші за розливом конусу 106-115 мм. Протягом першої доби їх зберігають у камері з вологих повітрям, а потім витягують з форм і кладуть у ванну з питною водою ( $T = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ ) на 27 діб. Зразки попередньо випробовують на вигін. Значення границі міцності при стиску таких зразків називають *активністю* цементу, а марку цементу визначають по двом показникам за границею міцності при стиску й границею міцності при вигину по таблиці ДСТУ визначають *марку цементу*.

Активність цементу має певне чисельне значення, а його марка признається округленням у бік зменшення до значень, наведених у стандарті. За ДСТУ цемент випускається марок М300; М400; М500; М550; М600.

#### 7.6. Спеціальні види цементу.

З метою надання портландцементу спеціальних властивостей, розширивши тим самим його застосування в будівництві, змінюють ступінь подрібнювання, корегують склад сировини, додають спеціальні добавки. Так, регулювання тонкості помелу впливає на швидкість твердіння, активність, тепловиділення. Введення мінеральних і органічних добавок дозволяє спрямовано змінювати властивості в'язучого, заощаджувати витрату клінкера і т. ін.

За речовинним складом і міцністю при стиску (на 28 добу) цементі загальнобудівельного призначення згідно ДСТУ поділяють на такі типи і марки:

Тип I – портландцемент (містить від 0 до 5 % мінеральних добавок), марки М 300, М 400, М 500, М 600.

Тип II – портландцемент із мінеральними добавками (від 6 до 35 %) марок М 300, М 400, М 500, М 550, М 600.

Тип III – шлакопортландцемент (від 36 до 80 % доменного гранульованого шлаку), марки М 300, М 550, М 500.

Тип IV – пуцолановий цемент (від 21 до 55 % мінеральних добавок), марки М 300, М 400, М 500.

Тип V – композиційний цемент (від 36 до 80 % мінеральних добавок, причому доменного шлаку – від 18 до 60 %, пуцолани – від 10 до 40 %), марки М 300, М 400, М 500.

**Швидкотверднучий** портландцемент (ШТЦ) характеризується інтенсивнішим наростанням міцності в початковий період твердіння. Через 3 доби його міцність на стиск становить 25-28 МПа. Одержують такий цемент більш тонким помелом (не менш 350 м<sup>2</sup>/кг) клінкеру, в якому переважають С<sub>3</sub>С і

СзА, що в сумі становлять 60-65 %. Під час помелу до швидкотверднучого цементу можна додавати не більш 10% активних мінеральних добавок природного походження або не більш 15% доменних гранульованих шлаків. Застосування швидкотверднучого цементу у будівництві дає можливість скорочувати строки тепло вологої обробки бетонів або і зовсім виключити її, значно прискорювати темпи будівництва, виконувати бетонні роботи на морозі.

Проте слід враховувати підвищене тепловиділення ШТЦ при твердінні, що виключає можливість виготовлення масивних конструкцій, а високий вміст СзА робить його непридатним для бетонів, що зазнають сульфатної корозії.

Різновидами швидкотверднучого цементу є **особливо швидко тверднучий цемент**. Його випускають високих марок - 400, 500, 600. **Особливо швидкотверднучий** (ОШТЦ) у віці 1 доби має границю міцності при стиску 20-25 МПа, а у віці 3 діб – 40 МПа. Це обумовлене високим вмістом СзS (65-68%) при помірній кількості СзА (до 8%) та високою тонкістю помелу (400 м<sup>2</sup>/кг). Його застосовують у високоміцних бетонах, причому можна на 15-20% знизити витрату в'язучого.

**Надшвидкотверднучий цемент** (НШТЦ) містить галогени (фтори чи хлорид кальцію) та велику кількість алюмінатів і характеризується дуже швидким тужавінням. Бетон на такому цементі через 1-4 год. без теплової обробки набуває міцності, достатньої для розпалубки виробів. Активність НШТЦ становить 40-50 МПа. Але НШТЦ мають низьку морозостійкість, а сталева арматура буде кородувати під впливом іонів хлору.

**Пластифікований портландцемент** містить додатково майже 0,25% лігносульфонату технічного (ЛСТ) у розрахунку на суху речовину чи іншої пластифікуючої добавки. Такий цемент відрізняється здатністю надавати розчинним та бетонним сумішам підвищеної рухливості. Пластифікуючи ефект такого цементу використовують для зменшення водоцементного відношення й підвищення щільності, морозостійкості та водонепроникності бетону. А якщо В/Ц зберегти незмінними, то можна на 10-15 % знизити витрату цементу, не погіршуючи якість бетону.

**Гідрофобний** портландцемент містить до 0,08-0,25 % гідрофобізуючої добавки (олеїнової кислоти, асидолу, милонафту). Ці речовини, адсорбуючись на поверхні зерен цементу, утворюють найтонші водовідштовхувальні плівки, які зменшують гігроскопічність при перевезеннях та складуванні в умовах підвищеної вологості повітря без втрати активності. При приготуванні бетонної чи розчинної сумішей гідрофобні плівки порушуються й цемент безперешкодно взаємодіє з водою. Гідрофобні добавки, що залишаються в тверднучому матеріалі, поліпшують якість виробів, підвищуючи їх водонепроникність, морозостійкість та корозійну стійкість. Недоліком такого цементу є сповільнене зростання міцності в початковий період твердіння.

Застосовують гідрофобний цемент так само, як і звичайний, для бетонних і залізобетонних наземних, підземних і підводних конструкціях, у то-

му числі для тих, що працюють в умовах циклічного зволоження чи заморожування.

**Пуцолановий** портландцемент одержують помелом клінкеру, двоводного гіпсу (3-5 %), активної мінеральної добавки осадового походження (20-30 %) або вулканічного попелу, туфу, паливної золи (25-40 %). Уперше як активну добавку було використано вулканічний попіл (пуцолан), що пояснює назву цементу. Активні мінеральні добавки містять діоксин кремнію в аморфному стані, який зв'язує гідроксид кальцію у нерозчинний гідросилікат кальцію, і підвищують стійкість цементу щодо корозії вилуджування. У повітряно-сухих умовах експлуатації бетони на пуцолановому цементі мають велику усадку й частково втрачають міцність. Крім того вони мають низьку морозостійкість. Його не слід застосовувати при зимовому бетонуванні, а те що в нього низьке тепловиділення при твердінні дає змогу використовувати його у масивних конструкціях.

**Шлакопортландцемент** містить від 20 до 80 % гранульованого доменного чи електротермофосфорного шлаку. Можлива заміна до 10 % шлаку трепелом чи іншою мінеральною добавкою. Гранульований шлак є активним компонентом, так само як і пуцоланові добавки. Він взаємодіє з гідроксидом кальцію цементу з утворенням низько основних гідросилікатів і гідроалюмінатів кальцію. Екзотерія такого цементу в 2-2,5 рази нижча, ніж у звичайного, тому його можна використовувати у масивних бетонних конструкціях. Шлакопортландцемент має кращу властивості ніж пуцолановий. В нього помірна водо потреба, висока повітря - і морозостійкість, а вартість на 15-20 % нижча. Шлакопортландцемент випускають трьох марок: 300, 400 і 500.

Недоліком є те, що він повільно набирає міцність у початковий період твердіння і особливо – при мінусових температурах. Різновидом шлакопортландцементу є швидкотверднучий шлакопортландцемент, який відрізняється підвищеним вмістом  $C_3S$  і  $C_3A$ , дозою шлаку 30-50 % і підвищеною тонкістю помелу (350-450 м<sup>2</sup>/кг). Такий цемент марки 400 за 3 доби набуває межу міцності при стиску не менш 20 МПа, при вигині – не менш 3,5 МПа.

**Сульфатостійкий** портландцемент – це різновид шлакопортландцементу із вмістом  $C_3S$  не більш 50 %,  $C_3A \leq 5$  %, а сума  $C_2S$  і  $C_4AF$  – не більш ніж 22%. Марки такого цементу 300, 400 і 500. Такий цемент не повинен містити мінеральних добавок, які знижують морозостійкість. Застосовують сульфатостійкий цемент для бетонів, призначених для роботи у морській воді і підвищеної морозостійкості.

**Білий і кольоровий** портландцементи відносяться до цементів декоративного призначення. Виробляють з чистих вапняків, кварцового піску, каолінових глин, чистих різновидів гіпсу, які не містять оксидів металів (заліза, хрому, марганцю). Щоб підвищити білизну такі цементі випалюють тільки з використанням газу у відновлювальному середовищі і відбілюють швидким охолодженням водою. Ступінь білизни білого цементу визначають за коефіцієнтом відбиття і поділяють на три сорти: сорт I - > 80 %, II – не менш 75 %, III – не менш 65 %.

III – не менш 68 %. Коефіцієнт відбиття визначають за допомогою фотометра.

Колір білому цементу надають двома способами: 1) одночасним помелом білого клінкеру з пігментами; 2) доданням до сировинної шихти хромофорів оксидів елементів змінної валентності (*Fe, Cr, Ni, Co, Mn* тощо). Вміст барвників у складі цементу не більш 15 % (мінерального) і не більш 0,3 % (органічного). Основними вимогами для барвників є такі: 1) велика барвна здатність; 2) стійкість до сонячного проміння; 3) стійкість до лугів та атмосферного впливу; 4) відсутність шкідливого впливу на процес твердіння. Білий та кольорові цементи мають марки 400 і 500. Їх застосовують для архітектурно-оздоблювальних робіт, облицювального шару стінових панелей і блоків штучного мармуру, скульптурних робіт.

**Глиноземистий** цемент має у своєму складі переважно низькоосновні алюмінати кальцію. До сировинної суміші входять здебільше боксити та вапняки. Основними мінералами глиноземистого цементу є моно кальцієвий алюмінат  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ , невелика кількість  $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$  і  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ , а також гаєніт  $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ . При твердінні глиноземистого цементу при температурі 25-30°C утворюється високоміцний гідро алюмінат кальцію  $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , але при підвищенні температури твердіння виникають внутрішні напруження у цементному камені й зниження міцності у 2-3 рази за рахунок перекристалізації й утворення сполуки  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Глиноземистий цемент відрізняється високим тепловиділенням, яке в 1,5 рази вище ніж у звичайного портландцементу, тому його можна використовувати при зимовому бетонуванні, але не рекомендується застосовувати у масивних конструкціях у літній період року, крім того виробу з такого цементу не можна піддавати тепло вологій обробці.

Марки глиноземистого цементу 400, 500 і 600 визначають у 3-добовому віці. Вода потреба складає 23-28 %, початок тужавіння – 30 хв., кінець – не пізніше 12 год. Він має високу стійкість у мінералізованих водах, високу водонепроникність завдяки відсутності в складі цементного каменя  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , незначній розчинності гідро алюмініатів кальцію та захисній дії плівок з гідроксиду алюмінію на поверхні часточок цементу. Стійок до дії сульфатів, слабких розчинів мінеральних та деяких органічних кислот (молочної, яблучної, мурашиної), ґрунтових та промислових вод, тваринних та рослинних масил, фенолу. Але не стійок до дії лугів та концентрованих мінеральних кислот.

**Розширний** портландцемент одержують спільним помелом 60-65 % алітового клінкеру, 5-7 % глиноземистого клінкеру, 7-10 % двоводного гіпсу й 20-25 % активної мінеральної добавки (трепелу, опоки, діатоміту). Механізм розширення зумовлений утворенням кристалів еtringіту ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), які збільшують об'єм. Активна мінеральна добавка сприяє прискоренню утворення цієї сполуки до тужавіння цементу, що забезпечує розширення ще у пластичному стані розчинних або бетонних сумішей без напружень у кристалічній структурі.

Розширений цемент швидко твердне при короткочасному пропарюванні, має високу щільність і водонепроникність, здатність розширюватися при твердінні протягом перших трьох діб. За міцністю на стиск має марки 400, 500, 600. Розширення у віці однієї доби становить 0,15-1,0 %. Застосовують розширений цемент у дорожньому та підземному будівництві, тампонажних роботах, при виготовленні залізобетонних виробів з напруженим армуванням.

Різновидом розширеного цементу є без усадочний *гіпсоглиноземистий* цемент. До його складу входять високо глиноземистий клінкер чи шлак (70%) і природний двоводний гіпс (30%), які при гідратації утворюють етрингіт. Марки такого цементу 300, 400, 500. Має зручні для будівельних робіт строки тужавіння: початок – не раніш 20 хв., а кінець – не пізніше ніж через 4 год. Лінійне розширення через 3 доби твердіння має бути 0,1-0,7 %, а через 28 діб - 1 %. Тепло вологу обробку на такому цементі можна виконувати до 100°C, оскільки при вищих температурах етрингіт розкладається.

**Напружувальний** цемент одержують спільним помелом 65-75 % портландцементного клінкеру, 13-20 % глиноземистого цементу, й 6-10 % двоводного гіпсу. Тонкість помелу не менш 350 м<sup>2</sup>/кг. Призначається такий цемент для виготовлення спеціальних попередньо напружених залізобетонних виробів, в яких сталеву арматуру натягнуто в кількох напрямках. У процесі розширення (0,25-0,75%) при пропарюванні виробів із жорстких бетонних сумішей цей цемент створює попереднє напруження без застосування механічних чи електротермічних способів. Початок тужавіння становить 2-5 хв., кінець – 4-7 хв. після замішування. Після однієї доби твердіння напружувальний цемент має міцність при стиску не менш 15 МПа, а через 28 діб твердіння – 50 МПа.

### **Завдання для самостійної роботи.**

1. Сировинні матеріали і способи виробництва гідралічного вапна.
2. Які сировинні матеріали використовують у виробництві портландцементу?
3. Основи технології портландцементу.
4. Як основні властивості портландцементу ви знаєте?
5. Який вплив мінералогічного складу на властивості портландцементу?
6. Основи теорії твердіння портландцементу.
7. Які існують різновиди портландцементу? Области їх застосування.
8. Де застосовується пуцолановий портландцемент? Основні його властивості.
9. Що собою являє шлакопортландцемент? Основні його властивості.
10. Які властивості і області застосування швидкотверднучих цементів вам відомі?
11. Охарактеризувати спеціальні види портландцементу.

12. Проаналізувати сировинну базу України щодо виробництва неорганічних в'язучих речовин і матеріалів на їхній основі.

## **Лекція 8. Бетони на основі мінеральних в'язучих речовин.**

### **8.1. Загальні відомості та класифікація бетонів.**

**Бетон** - штучний кам'яний матеріал, що одержується з раціонально підбраної суміші в'язучого, води, заповнювачів і в необхідних випадках спеціальних добавок після її формування і твердіння. До формування зазначена суміш називається *бетонною сумішшю*.

Твердіння бетону є результатом складних фізико-хімічних процесів, що відбуваються між в'язучим матеріалом (цементом, вапном, гіпсом) і водою. Заповнювачі в цих процесах не беруть участі. В'язучі матеріали після змішування з водою утворюють пластично - в'язку масу (тісто), яка тверднучи, зв'язує між собою зерна заповнювачів і утворює штучний кам'яний матеріал.

**За видом в'язучого бетони поділяють на:**

- цементні;
- силікатні (вапняно-кремнеземисті);
- гіпсові;
- змішувані (цементно-вапняні, вапняно-шлакові тощо);
- спеціальні (жаростійкі, хімічно стійкі тощо).

**За видом заповнювачі:**

- щільні (щебінь, гравій);
- на пористих заповнювачах (керамзит, аглопорит, металургійні шлаки);
- на спеціальних заповнювачах (магнезит, барит й ін.).

**За розмірами заповнювача:**

- крупнозернистий (фракція заповнювача 10-150мм.);
- дрібнозернистий (фракція заповнювача до 10мм);
- цементно-піщаний (фракція заповнювача 5мм).

**За структурою:**

- щільні;
- поризовані;
- ніздрюваті;
- крупно пористі.

**За густиною бетони класифікують на:**

- особливо важкі ( $\rho_o > 2500 \text{ кг/м}^3$ );
- важкі ( $2200 < \rho_o < 2500 \text{ кг/м}^3$ );
- полегшені ( $1800 < \rho_o < 2200 \text{ кг/м}^3$ );
- легкі ( $600 < \rho_o < 1800 \text{ кг/м}^3$ );
- особливо легкі ( $\rho_o$  до  $600 \text{ кг/м}^3$ ).

За умовами твердіння розрізняють бетони природного твердіння; бетони, що піддані тепловій обробці при атмосферному тиску, і бетони, що пройшли

автоклаву обробку.

При проектуванні бетонних і залізобетонних конструкцій призначають необхідні характеристики бетону, такі як клас (марку) за міцністю, марку за морозостійкістю і водонепроникністю. За проектну марку бетону за міцністю при стиску приймають величину, яка відповідає опору стиску (МПа) зразків-кубів з ребром 15 см, віком 28 діб.

Клас бетону - це числова характеристика будь-якої його властивості, що приймається з гарантованою забезпеченістю 0,95. За міцністю бетони поділяють на такі класи: B1; B2; B2,5: 33,5; B7.5; B10, B 12,5; B15; B20; B25; B30; B40; B45; B50; B55; B60.

Границю міцності при стиску бетону визначають на зразках - кубках чи циліндрах. Зразки виготовляють зі свіжоприготовленої бетонної суміші. Склад бетонної суміші підбирають, виходячи з необхідних властивостей бетону з урахуванням прийнятих способів її транспортування й укладання (формування).

Бетонна суміш повинна зручно укладатися – заповнювати форму при даному способі ущільнення. Зручність укладання бетонної суміші оцінюється її рухливістю чи жорсткістю. Бетонна суміш, яка здатна розтікатися без розшарування та заповнювати форму під впливом власної маси чи невеликого механічного впливу, називається *рухливою*. Бетонна суміш, що вимагає інтенсивного вібрування для заповнення нею форми і для ущільнення, називається *жорсткою*.

Рухливість бетонної суміші визначають за допомогою виготовлених з листової сталі приладів — конусів. Визначають осадку конуса в такий спосіб. Конус, установлений на металевий лист, заповнюють бетонною сумішшю через лійку в три шари однакової висоти. Кожен шар ущільнюють штикуванням металевим стрижнем діаметром 16 мм. Після заповнення конуса бетонною сумішшю надлишок зрізують кельмою, потім конус плавно знімають і ставлять поруч з відформованою бетонною сумішшю. Осадку конуса бетонної суміші визначають, укладаючи металеву лінійку ребром на верхню основу конуса і вимірюючи відстань від нижнього ребра лінійки до верха бетонної суміші по масштабній лінійці з інтервалом до 0,5 см. Осадку конуса обчислюють з точністю до 1 см.

## **8. 2. Матеріали для важких бетонів.**

**Цементи.** Для приготування важких бетонів застосовують портландцемент, пластифікований портландцемент, портландцемент із гідралічними добавками, шлакопортландцемент, швидкотверднучий портландцемент (ШТП) тощо.

Цемент вибирають із урахуванням вимог до бетону (міцності, морозостійкості, хімічної стійкості, водонепроникності й ін.), а також технології виготовлення виробів, їх призначення й умов експлуатації. Марку цементу рекомендується вибирати залежно від проектованої марки бетону при стиску. Для важких бетонів рекомендуються наступні марки цементів:

|                 |      |      |         |      |      |      |      |
|-----------------|------|------|---------|------|------|------|------|
| Марка бетону .  | M100 | M150 | M200    | M300 | M400 | M500 | M600 |
| Марка цементу . | 300  | 300  | 300-400 | 400  | 500  | 600  |      |

У випадках коли марка цементу вище тієї, котра рекомендується для даного бетону, варто застосовувати мікро-наповнювачі - подрібнені гірські породи (вапняки, доломіти й ін.) або промислові відходи (доменні й паливні шлаки, золи й ін.).

**Дрібний заповнювач.** Як дрібний заповнювач для важкого бетону використовують природний пісок, що являє собою пухку суміш зерен крупністю від 0,14 до 5 мм, що виникла в результаті природного руйнування твердих гірських порід.

Залежно від гірської породи, з якої утворився пісок, його хімічний склад може бути різним. Найчастіше зустрічаються піски, що складаються в основному із кварцу з домішками зерен польового шпату й слюди. Рідше зустрічаються піски вапнякові, черепашкові й ін.

Природні піски залежно від умов залягання поділяються на річкові, морські й гірські (яружні). Річкові й морські піски мають округлу форму зерен; гірські містять гострокутні зерна, що забезпечує їхнє краще зчеплення з бетоном. Однак гірські піски звичайно більш забруднені шкідливими домішками, ніж річкові й морські.

Штучні піски одержують подрібненням твердих і щільних гірських порід, а також відвальних металургійних шлаків. Форма зерен подрібнених пісків гострокутна, а поверхня шорсткувата. Вони не містять шкідливих домішок, які часто зустрічаються в природних пісках. Однак подрібнені піски мають високу вартість, і тому їх застосовують для збагачення дрібного природного піску, що служить сировиною для виробництва високоміцних бетонів. Пісок для важкого бетону вибирають з врахуванням його властивостей і вартості, при цьому необхідно прагнути до використання місцевого природного піску.

Якість піску, що застосовується для виготовлення важкого бетону, визначається в основному зерновим складом й вмістом шкідливих домішок. Зерновий (гранулометричний) склад піску має велике значення для одержання важкого бетону заданої марки при мінімальній витраті цементу. У важкому бетоні пісок заповнює порожнечі між зернами великого заповнювача, у той же час всі порожнечі між зернами піску повинні бути заповнені цементним тістом. Крім того, цим же тістом повинні бути покриті й поверхні всіх часток. Однак для зменшення витрати цементного тіста варто вживати піски з малою пустотністю й найменшою сумарною поверхнею часток.

Зерновий склад піску характеризується вмістом у ньому зерен різного розміру. Для визначення зернової сполуки піску використовують стандартний набір сит з отворами (мм): 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315 і 0,14, через який просівають пісок. Спочатку визначають часкові залишки (в %) на кожному ситі ( $a_{2,5}$ ,  $a_{1,25}$ ,  $a_{0,63}$ , і т.д.), а потім повні залишки ( $A_{2,5}$ ,  $A_{1,25}$ ,  $A_{0,63}$  і т.д.). Повний залишок на будь-якому ситі дорівнює сумі часткових залишків на цьому ситі,

і всіх вище розташованих ситах. Так,  $A_{0,63} = a_{0,63} + a_{1,25} + a_{2,5}$ . Величини повних залишків є характеристикою зернового складу піску.

На підставі результатів ситового аналізу піску можна розрахувати модуль крупності зерен  $M_K$  за формулою:

$$M_K = \frac{(A_{2,5} + A_{1,25} - A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14})}{100}$$

За зерновим складом піски ділять на крупні, середні, дрібні й дуже дрібні:

| Група піску  | Повний залишок на ситі № 0,63, % | $M_K$      |
|--------------|----------------------------------|------------|
| Крупний      | Більше 50                        | Більше 2,5 |
| Середній     | 30—50                            | 2,5—2      |
| Дрібний      | 10—30                            | 2—1,5      |
| Дуже дрібний | Менш 10                          | 1,5—1      |

Для оцінки зернового складу піску і його придатності для виготовлення бетону результати просівання (за повними залишками) наносять на діаграму оптимального зернового складу. Пісок вважається придатним для готування бетону, якщо крива його зернового складу розташовується в межах заштрихованої площі. Крім того, у піску для бетонів і розчинів не допускається наявність зерен розміром більше 10 мм, а зерен розміром 5-10 мм не повинно бути більше 5% по масі. Кількість дрібних часток, що пройшли через сито з отворами 0,14 мм, не повинне перевищувати 10%.

Для готування важкого бетону рекомендуються крупні й середні піски з модулем крупності 2-3,25. Використовувати для бетону дрібні й тим більше дуже дрібні піски допускається тільки після техніко-економічного обґрунтування доцільності їхнього застосування.

Середня густина піску залежить від його пустотності й вологості. Чим нижча пустотність піску, тим вища його середня густина, тому по величині останньої можна оцінити якість зернового складу піску. Звичайно середня густина сухого кварцового піску в пухкому стані коливається в межах 1500—1550 кг/м<sup>3</sup>, в ущільненому — 1600—1700 кг/м<sup>3</sup>. Крім того, середня густина піску в певній мірі характеризує структуру самих зерен. Наприклад, піски, що складаються із щільних, міцних і морозостійких зерен, мають підвищену середню густину (не менш 1550 кг/м<sup>3</sup>). Такі піски застосовують для готування високоміцних і морозостійких бетонів.

Найменша середня густина кварцового піску відповідає його вологості 5-7%. Цю обставину варто враховувати при звичайному дозуванні піску, а також при його прийманні.

Якість піску для бетону визначають не тільки зерновим складом, але й вмістом шкідливих домішок (глинисті й пилоподібні частки, органічні домі-

шки, сірчисті й сірчаноокислі сполуки), кількість яких не повинна перевищувати встановлених стандартом меж.

Глинисті й пилоподібні частки збільшують сумарну поверхню заповнювача, при цьому підвищується водо потреба бетонної суміші, внаслідок чого знижується міцність бетону. Крім того, глинисті домішки, обволікаючи тонким шаром зерна піску, погіршують зчеплення їх із цементним каменем і знижують міцність бетону. Тому для готування важких бетонів дозволяється застосовувати природні піски з вмістом пилоподібних і глинистих часток, визначеним методом відмулювання, не більше 3%, а дроблені піски - не більше 5%. Для зменшення вмісту зазначених домішок пісок промивають водою в спеціальних машинах - піскомийках.

Органічні домішки (залишки рослин, перегній і т.п.) знижують міцність цементного каменю й можуть виявитися джерелом його руйнування. Ступінь забруднення піску органічними домішками встановлюють колориметричним методом — обробкою проби піску 3% - ним розчином їдкого натрію. Якщо після обробки піску колір розчину не виявиться темніше зразка (колір міцного чаю), то пісок визнають придатним для бетону. Випробуваний пісок вважають також придатним, якщо міцність зразків розчину з нього не менше міцності зразків з тим самим піском, але промитим спочатку вапняним молоком, а потім водою.

Сірчані й сірчаноокислі сполуки (гіпс, сірчаний колчедан і ін.) сприяють корозії бетону. Їхній вміст у піску в перерахуванні на  $SO_3$  не повинен перевищувати 1 % по масі.

**Крупний заповнювач.** Як крупний заповнювач для приготування важкого бетону застосовують гравій або щебінь.

Гравій — пухка суміш зерен округлої форми розміром 5—70 мм, що утворилися в результаті природного руйнування (вивітрювання) твердих гірських порід. Гравій може бути гірським (яружним), річковим і морським. Гірський гравій має шорсткувату поверхню й містить звичайно домішки піску, глини, пилу й органічних речовин. Річковий і морський гравій чистіший ніж гірський, але зате із гладкою поверхнею, що погіршує зчеплення із цементно-піщаним розчином. Для поліпшення зчеплення його можна дробити на щебінь.

Щебінь — пухка суміш, одержувана подрібненням шматків різних твердих гірських порід, а також цегляного бою, шлаків і ін. Отриману суміш зерен різних розмірів (5—70 мм) піддають розсіву на окремі фракції. Відсіяні частки розміром менш 3 мм використовують як пісок. Щебінь відрізняється від гравію гострокутною формою й шорсткуватою поверхнею зерен, у зв'язку із чим зчеплення його із цементно-піщаним розчином краще, ніж гравію. Вміст у щебені шкідливих органічних домішок незначний.

Якість крупного заповнювача характеризується зерновим складом, формою зерен і вмістом шкідливих домішок. Крім того, якість щебеню і гравію має задовольняти певним вимогам за міцністю й морозостійкістю.

Зерновий склад крупного заповнювача значно впливає на якість бетону. При відборі зернового складу крупного заповнювача для бетону необхідно виходити з основних вимог – одержати найменший об'єм порожнеч, а отже, знизити витрати цементу в бетоні заданої марки.

Залежно від розміру зерен гравій і щебінь поділяють на фракції 5-10, 10-20, 20-40 і 40-70 мм. У кожній фракції гравію або щебенів повинні бути зерна всіх розмірів – від найбільшого до найменшого для даної фракції. Для готування бетону більш економічні максимально крупний гравій або щебінь, тому що при цьому через меншу сумарну поверхню зерен знижується витрата цементу. Однак найбільша крупність зерен заповнювача обмежується розмірами бетонуючи конструкцій і відстанями між стрижнями арматур. Наприклад, найбільший розмір зерен великого заповнювача повинен бути не більше  $\frac{1}{3}$  найменшого розміру конструкції або не більше  $\frac{3}{4}$  найменшої відстані між стрижнями арматур. При бетонуванні плит допускається застосування до 50% зерен заповнювача найбільшої крупності, рівній половині товщини плити. Для тонкостінних густо-армованих конструкцій варто використовувати заповнювач крупністю до 20 мм, а для більш масивних конструкцій — до 40 і навіть до 70 мм. Вміст зерен крупніших встановленого найбільшого розміру допускається не більше 5% за масою гравію або щебенів.

Зерновий склад крупного заповнювача визначають просіванням середньої проби масою 10 кг через стандартний набір сит з розмірами отворів 70, 40, 20, 10 і 5 мм і наступним зважуванням залишків на кожному ситі. Потім обчислюють у відсотках частні й повні залишки й установлюють найбільшу і найменшу крупність зерен заповнювача. За найбільшу крупність зерен приймають розмір отвору того верхнього сита, на якому повний залишок не перевищує 5%, а за найменшу — розмір отвору першого сита знизу, повний залишок на якому становить не менш 95%. Крім того, обчислюють значення  $0,5 (D_{\text{найм}} + D_{\text{найб}})$  і  $1,25 D_{\text{найб}}$ .

Для оцінки зернової сполуки крупного заповнювача по результатах просівання будують криву. Крупний заповнювач визнають придатним для готування бетону, якщо крива його зернового складу розташовується в межах зони оптимального складу.

Об'єм пустот у гравії не повинен перевищувати 45%, а в щебені – 50%. Для зменшення пустотності заповнювача варто змішувати в належних співвідношеннях окремі фракції зерен або вводити в нього необхідні фракції. Для готування бетону більш вигідний щебінь, форма зерен якого близька до кубічного, і гравій яйцеподібної або кульової форми. Вміст у гравії або щебенях голкоподібних зерен не повинен перевищувати 15% за масою. Глинисті й пилоподібні частки в складі гравію й щебенів вважаються, як і в піску, шкідливими домішками. Вміст у гравії глинистих і пилоподібних часток, визначений відмулюванням, не повинен перевищувати 1% за масою. У щебені з вивержених і метаморфічних гірських порід, призначеному для бетону марок нижче М 300, вміст глинистих і пилоподібних часток не повинен перевищувати 2 %, а для бетону марок М 300 і вище – 1 %. Органічні домішки знижу-

ють якість крупного заповнювача, тому їхній вміст встановлюють, як і для піску, колориметричним методом.

Міцність зерен великого заповнювача впливає на міцність виготовленого на ньому бетону. У свою чергу, марка щебенів за міцністю залежить від міцності вихідної гірської породи. Для важких бетонів варто застосовувати щебені, одержувані з гірських порід, що мають міцність в 1,5—2 рази вище заданої марки бетону. Попередню придатність гравію й щебенів для бетонів різних марок оцінюють за ступенем їх подрібненості при роздавлюванні в сталевому циліндрі. За цим показником крупний заповнювач поділяють на марки: Др8, Др12, Др16 і Др24. Величини 8, 12, 16 і 24 показують граничну кількість (в % за масою) дрібних зерен діаметром менш 5 мм, що утворилися при роздавлюванні проби матеріалів. Наприклад, для бетону марки М 300 і вище рекомендуються щебінь або гравій марки Др8, а для бетону марки М 200 – Др12. Міцність бетону знижується при наявності в щебені або гравії зерен слабких, вивітрених порід, у зв'язку із чим їх вміст не повинне перевищувати 10 % за масою.

Остаточну придатність гравію або щебеню для бетону необхідної марки встановлюють за результатами випробування бетону на даному заповнювачі.

**Вода.** Вода, що застосовується для приготування бетонної суміші і будівельного розчину, не повинна містити шкідливих домішок, що перешкоджають нормальному тужавінню і твердінню в'язучого. Забороняється застосовувати воду, що містить домішки кислот, лугів, олій, цукру, а також болотну і стічні води. рН води повинен бути більш 4.

### **8. 3.Бетонна суміш і добавки до неї.**

**Бетонна суміш** – це складна багатокомпонентна система, яку утворюють зерна *цементу*, які реагують з водою замішування, *заповнювачі*, які утворюють скелет майбутнього бетону, *вільна вода* і *повітря*, втягнуте під час перемішування і укладання бетонної суміші. Отже, у суміші присутні 3 фази – тверда, рідка, газоподібна. Основним показником бетонної суміші є легкоукладальність.

**Легкоукладальність бетонної суміші** – це міра її консистенції, здатність суміші заповнювати форму чи опалубку з найменшими затратами зовнішньої енергії. Характеристиками легкоукладальності є *рухливість* та *жорсткість*.

**Рухливість бетонної суміші** визначають за допомогою стандартного конуса (металева форма без дна у вигляді зрізаного конуса висотою 300 мм, діаметром 100 мм зверху та 200 мм зниз). Форму змочують водою, встановлюють на горизонтальну поверхню. Заповнюють бетонною сумішшю за 3 рази, ущільнюючи її штикуванням (25 разів). Надлишок зрізують кельмою. Знімають форму різко вверх. Бетонна суміш починає осідати під дією влас-

ної ваги. Різниця між краєм форми та верхньою точкою бетонної суміші дасть осадку конуса ОК. ОК визначають 3 рази, підраховуючи середнє значення. Суміші з ОК = 1 – 3 см вважаються малорухливими, при ОК = 4 – 15 см – рухливими, при ОК понад 15 см – литі. Марки **P1** при ОК до 4 см, **P2** – при ОК = 5 – 9 см, **P3** при ОК = 9 – 15 см, **P4** при ОК більше 15 см.

**Жорсткість бетонних сумішей** визначають технічним віскозиметром або спрощено за допомогою форми у вигляді куба зі стороною 200 мм, у який встановлюють стандартний конус. Конус заповнюють сумішшю і встановлюють на вібростіл. Конус знімають, вмикають вібростіл і одночасно секундомір. Коли бетонна суміш заповнить всі кути форми і поверхня її стане горизонтальною, вібрацію і секундомір зупиняють. Час вібрації дає показник жорсткості. Марки **Ж-4** при часі понад 31 с, **Ж-3** при 21 – 30 с, **Ж-2** при 11 – 20 с, **Ж-1** – 5 – 10 с. У жорстких сумішах відносно невеликий вміст води. В основному їх застосовують на заводах, що виготовляють збірний залізобетон. Позитивним є те, що для таких сумішей знижується витрата цементу, а недоліком – значні затрати енергії для формування виробів.

Рухливі бетонні суміші містять більше води і тому ущільнюються легше. Вони частіше застосовуються при монолітному бетонуванні.

**Добавки** вводяться на стадії перемішування для регулювання властивостей бетонної суміші та бетону, а також для економії цементу. Застосовують добавки :

**тонкомелені** (золи ТЕС, мелені шлаки тощо) у кількості 5 – 20% до маси цементу для його економії;

**хімічні** у кількості 0,1 – 2,0% маси цементу для зміни властивостей бетонної суміші і бетону у потрібному напрямку, а саме для пластифікації суміші, прискорення процесів твердіння, зниження температури замерзання та ін.

**Пластифікуючі добавки:**

- ПАР – поверхнево активні речовини, лігносульфонат технічний,
- СДБ – сульфатно-дріжджова бражка (застосовують у кількості 0,1 – 0,5% до маси цементу, або 1 кг на 1 м<sup>3</sup> бетону),
- суперпластифікатори – С-3, 10-03, 40-03, ДОФЕН, ОП-7, Sica – це синтетичні полімерні речовини, які застосовуються у кількості 0,2 – 1,2% від маси цементу і дають сильний розріджувальний ефект, не сповільнюючи процеси твердіння;
- гідрофобні пластифікуючі добавки (милонафт, гідрофобізуючі сполуки) застосовують для бетонів з малим вмістом цементу. Після затвердіння бетону ці добавки, адсорбуючись у порах, забезпечують йому водовідштовхувальні властивості. Тому зменшується водо поглинання, а морозостійкість та корозійна стійкість зростає.

Застосування пластифікаторів дає змогу

- формувати вироби складної форми,
- зменшити затрати енергії на формування,
- зменшити водоцементне співвідношення,
- підвищити міцність бетону,
- покращити якість лицьових поверхонь,
- знизити витрату цементу,
- підвищити легкоукладальність суміші, не змінюючи витрати цементу і міцності бетону,
- знизити витрату води, залишаючи сталою витрату цементу і збільшити при цьому міцність бетону,
- знизити витрату води і цементу, зберігши ту ж легкоукладальність і міцність бетону.

Для регулювання термінів тужавлення бетону слугують прискорювачі та сповільнювачі твердіння.

**Прискорювачі** твердіння застосовують для монолітного бетону з метою наближення термінів розпалублення, а для збірного залізобетону – для прискорення режиму тепло обробки, підвищення оборотності форм оснащення, їх використовують для термінових робіт і відновлення конструкцій після аварій. До цієї групи належать такі речовини: хлорид кальцію  $\text{CaCl}_2$ , сульфат натрію  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , поташ  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , нітрати кальцію  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  та натрію  $\text{NaNO}_3$ . Слід пам'ятати, що хлорид кальцію сприяє корозії арматури, тому його застосовують у кількості, що не перевищує 2%, а для конструкцій з тонкою (дротовою) попередньо напруженою арматурою його не застосовують.

**Сповільнювачі тужавлення** (органічні сполуки – лігносульфонат технічний, кремнійорганічні речовини – ГКЖ-10, ГКЖ-11) одночасно знижують водо потребу, витрату цементу.

**Протиморозні добавки** (хлорид кальцію  $\text{CaCl}_2$ , поташ  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , хлорид натрію  $\text{NaCl}$ ) застосовують в умовах зимового бетонування, вони знижують температуру замерзання води. Чим нижча температура повітря, тим вища концентрація добавок.

**Повітровтягувальні добавки** (СНП – смола нейтралізована повітровтягувальна, СДО – смола деревна помилена) покращують легкоукладальність суміші, підвищують морозостійкість бетону, проте знижують його міцність (при об'ємі повітря до 4 – 5% міцність не змінюється).

Часто застосовують добавки полі функціональної дії (комплексні), які регулюють декілька властивостей бетонної суміші одночасно.

## **8. 5. Властивості важкого бетону.**

Важкий бетон — основний конструкційний будівельний матеріал, тому оцінці його міцносних властивостей приділяється велика увага. Міцносні ха-

рактистику бетону визначаються строго відповідно до вимог стандартів. Використовуються кілька показників, що характеризують міцність бетону. Неоднорідність бетону як матеріалу враховується в основній міцнісній характеристиці — класі бетону.

**Міцність.** Як і у всіх кам'яних матеріалів, границя міцності бетону при стиску значно вища (у 10...15 разів), ніж при розтягу й вигині. Тому в будівельних конструкціях бетон, як правило, працює на стиск

Міцність бетону прийнято оцінювати за середнім арифметичним значенням результатів випробування зразків даного бетону через 28 діб нормального твердіння. Для цього використовують зразки-куби розміром 150x150x150 мм, виготовлені з робочої бетонної суміші і затверділі при  $T = 20 \pm 2$  °C у повітрі при відносній вологості 95 % (чи в інших умовах, що забезпечують збереження вологи в бетоні).

**Марка бетону.** За середнім арифметичним значенням міцності бетону встановлюють його марку — округлене значення міцності (причому округлення йде завжди в сторону зниження). Для важкого бетону встановлені наступні марки за міцністю на стиск: М50, М75, М100, М150, М200, М250, М300, М350, М400, М450, М500, М550, М600, М700 і М800 (кгс/см<sup>2</sup>). Так, відмінна риса бетону — *значна неоднорідність його властивостей*, що пояснюється різномірністю сировини, порушенням режиму приготування бетонної суміші, її транспортування, укладання (ступеня ущільнення) і умовами твердіння. Усе це призводить до розкиду міцності бетону однієї і тієї ж марки. Чим вище культура виробництва (краще якість підготовки матеріалів, приготування й укладання бетону і т.п.), тим менше будуть коливання міцності бетону. Для будівельника важливо одержати бетон не тільки із заданою середньою міцністю, але і з мінімальними відхиленнями (особливо в нижчу сторону) від цієї міцності. Показником, що враховує можливі коливання якості бетону, є клас бетону.

**Клас бетону** — це чисельна характеристика якої-небудь його властивості (у тому числі міцності), прийнята з гарантованою забезпеченістю (звичай 0,95). Таким чином, встановлена класом властивість, наприклад, міцність бетону, досягається не менш ніж у 95 випадках з 100.

Поняття «клас бетону» дозволяє призначати міцність бетону з урахуванням її фактичної чи можливої варіації. Чим менше їх розбіжність, тим вище клас бетону при одній і тій самій середній міцності.

Діючими стандартами установлені наступні класи важкого бетону за міцністю при стиску (МПа): В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15; В20; В25; В30; В32,5; В40; В45; В50; В55 і В60. Так, у бетону класу В15 межа міцності при стиску не нижче 15 МПа з гарантованою забезпеченістю 0,95.

Для переходу від класу бетону до середньої міцності можна використувати формулу:

$$R_{\text{сер}} = B / 0,778,$$

де  $B$  – клас бетону, МПа;

$R_{\text{сер}}$  – середня міцність бетону на стиск, МПа.

**Повзучість** — схильність бетону до росту пластичних деформацій при тривалій дії статичного навантаження. Повзучість бетону також пов'язана з пластичними властивостями цементного гелю і мікротріщиноутворенням. Вона має згасаючий у часі характер. Абсолютні значення повзучості залежать від багатьох факторів. Особливо активно повзучість розвивається, якщо бетон навантажується в свіжо виготовленому вигляді. Повзучість можна оцінювати подвійно: як позитивний процес, що допомагає знижувати напруження, які виникають від термічних і усадочних процесів, і як негативне явище, наприклад, що знижує ефект від попереднього напруження арматури.

**Усадка** — процес скорочення розмірів бетонних елементів при їхньому перебуванні в повітряно-сухих умовах в наслідок втрати води. Усадка бетону тим вище, чим більше об'єм цементного тіста в бетоні. У середньому усадка важкого бетону складає 0,3...0,4 мм/м.

**Пористість.** Причина її виникнення криється в надлишковій кількості води замішування. Бетонна суміш після правильного укладання являє собою щільне тіло. При твердінні частина води хімічно зв'язується мінералами цементного клінкера (для портландцементу близько 0,2 від маси цементу), а частина, що залишилася, поступово випаровується, залишаючи після себе пори.

**Водо поглинання і водопроникність.** Завдяки капілярно-пористій будові бетон може поглинати вологу як при контакті з нею, так і безпосередньо з повітря. Гігроскопічне вологовбирання у важкому бетоні незначне, але в легких бетонах (особливо в ніздрюватих) може досягати відповідно 7...8 і 20...25%.

**Водо поглинання** характеризує здатність бетону всмоктувати вологу в краплино - рідкому стані; воно залежить головним чином від характеру пор. Водо поглинання тим більше, чим більше в бетоні капілярно сполучених між собою пор. Максимальне водо поглинання важких бетонів на щільних заповнювачах досягає 4...8 % за масою (10...20 % за об'ємом). У легких і ніздрюватих бетонів цей показник значно вище.

Велике водо поглинання негативно позначається на морозостійкості бетону. Для зменшення водо поглинання вдаються до гідрофобізації бетону, а також до влаштування паро - і гідроізоляції конструкцій.

**Водопроникність бетону** визначається в основному проникністю цементного каменю і контактної зони «цементний камінь — заповнювач»; крім того, шляхами фільтрації рідини через бетон можуть бути мікротріщини в цементному камені і дефекти зчеплення арматури з бетоном. Висока водопроникність бетону може призвести до його швидкого руйнування через корозію цементного каменю.

Для зниження водопроникності необхідно застосовувати заповнювачі належної якості (з чистою поверхнею), а також використовувати спеціальні добавки, що ущільнюють (рідке скло, хлорне залізо) чи цемент, що розширюється. Останні використовують для облаштування бетонної гідроізоляції.

За водонепроникністю бетони поділяють на марки W0,2; W0,4; W0,6; W0,8 і W1,2. Марка означає тиск води (МПА), при якому зразок-циліндр висотою 15 см не пропускає воду при стандартних випробуваннях.

**Морозостійкість** — головний показник, що визначає довговічність бетонних конструкцій у нашому кліматі. Морозостійкість бетону оцінюється шляхом попереминого заморожування при температурі мінус  $(18 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  і відтавання у воді при температурі  $(18 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  попередньо насичених водою зразків з бетону. Тривалість одного циклу — 5...10 год. залежно від розміру зразків.

За марку по морозостійкості приймають найбільше число циклів «заморожування — відтавання», які зразки витримують без зниження міцності на стиск більше 15% у порівнянні з міцністю контрольних зразків на початку випробувань. Установлено наступні марки бетону за морозостійкістю: F25; F35; F50; F75; F100...F1000.

**Теплофізичні властивості.** З них найважливішими є теплопровідність, теплоємність і температурні деформації.

**Теплопровідність** важкого бетону навіть у повітряно-сухому стані велика — близько 1,2...1,5 Вт/(м<sup>0</sup>С), тобто в 1,5...2 рази вища, ніж у цегли. Тому використовувати важкий бетон у конструкціях, що огорожують, можна тільки разом з ефективною теплоізоляцією. Легкі бетони, особливо ніздрюваті, мають невисоку теплопровідність 0,1...0,5 Вт/(м<sup>0</sup>С) і їхнє застосування в конструкціях, що огорожують, переважніше.

## **8. 6. Бетони спеціального призначення.**

**Гідротехнічний бетон** є різновидом важкого бетону; він характеризується підвищеною водостійкістю, водонепроникністю, морозостійкістю, низьким тепловиділенням, а в ряді випадків і стійкістю у хімічно агресивному середовищі.

Залежно від зони розташування гідротехнічних споруд він ділиться на:

- бетон підводний, що знаходиться постійно в воді;
- бетон в зоні змінного рівня води;
- бетон надводний, що знаходиться вище зони змінного рівня води.

Конструкції гідротехнічних споруд можуть бути масивні і немасивні, напірні і безнапірні.

Залежно від умов роботи гідротехнічних споруд та їх конструктивних елементів застосовують бетон марок від 150 до 300, а ті частини споруди, які піддаються стиранню водою, виконують з бетону марок 400 і 500. Марку гідротехнічного бетону визначають в 180-добовому віці.

За морозостійкістю гідротехнічний бетон ділиться на п'ять марок - F 50, F100, F150, F200 і F30, а за водонепроникністю на марки W0,2; W0,4; W0,6; W0,8 і W1,2.

У зв'язку з тим, що гідротехнічний бетон знаходиться в специфічних експлуатаційних умовах, до матеріалів для його приготування висувають особливі вимоги.

Для приготування гідротехнічного бетону треба застосовувати такі види цементів: портландцемент і його різновиди, пластифікований, гідрофобний, сульфатостійкий, шлакопортландцемент, пуцолановий портландцемент.

Для бетонів підводних частин споруд слід застосовувати шлакопортландцемент і пуцолановий портландцемент при експлуатації у прісній воді, сульфатостійкий – у морській. Для бетонів надводних частин споруд – гідрофобний і пластифікований портландцемент. Іноді доцільно уводити до складу бетону бентонітову глину (1...3 % маси цементу) хлорид заліза (0,1-1,0%) і ГКЖ (0,1-0,2%)

**Особливо важкі бетони** використовують для влаштування конструкцій, що захищають людей від рентгенівського і  $\gamma$ -випромінювання. Для цього до складу бетону вводять заповнювачі, які містять залізо, барій та інші важкі елементи, добре поглинаючі тверде іонізуюче випромінювання. Як заповнювачі використовують залізні руди (магнетит, лимоніт), барит, металевий дріб і т.п. Густина таких бетонів досягає 4000...5000 кг/м<sup>3</sup>.

**Жаростійкі бетони** характеризуються здатністю зберігати у певних межах фізико-механічні властивості при тривалому впливі високих температур.

Для виготовлення жаростійких бетонів у якості в'язучих використовують глиноземистий цемент, шлакопортландцемент і рідке скло. Заповнювачами служать металургійні шлаки, білий керамічних і вогнетривких виробів, базальт, андезит і т.п.

Жаростійкі бетони готують за звичайною технологією, а потім у процесі роботи при високих температурах вони самі перетворюються в монолітний керамічний матеріал. З таких бетонів виконують футеровку промислових печей, фундаменти доменних і мартенівських печей і т.п. Застосування жаростійких бетонів замість штучних матеріалів знижує вартість і прискорює будівництво.

**Кислототривкі бетони** одержують на кислототривкому цементі й кислотостійких заповнювачах. Застосовують їх на хімічних підприємствах для облицювання несучих конструкцій, влаштування бетонних підлог і т.п.

**Полімер цементні бетони** — цементні бетони, в які на стадії приготування суміші вводиться полімерна добавка. Добавки являють собою водяні дисперсії (емульсії, латекси) чи редисперговані сухі порошки (як сухе молоко) тих же полімерів. Вміст полімеру в полімер цементних бетонах — 5...15% від маси цементу.

### **Завдання для самостійної роботи.**

1. Класифікація бетонів за різними ознаками.
2. Характеристика основних матеріалів для важкого бетону.
3. Легкоукладальність бетонної суміші, методи її визначення і оцінки.
4. Фактори, що впливають на легкоукладальність бетонної суміші.
5. Фактори, що впливають на міцність важкого цементного бетону.
6. Добавки, що регулюють властивості бетонної суміші і бетону.
8. Фактори, що впливають на довговічність важкого цементного бетону.
9. Важкі бетони й відношення к дію високих температур.
10. Характеристики бетонів спеціального призначення.

## **Лекція 9. Легкі бетони та будівельні розчини.**

### **9. 1. Загальні відомості та класифікація легких бетонів.**

**Легкими** називають бетони на легких пористих заповнювачах, а також пористі бетони. Середня густина їх в сухому стані менш ніж  $1800 \text{ кг / м}^3$ . Легкі бетони знаходять широке застосування в будівництві: крупнорозмірні блоки і панелі для зовнішніх і внутрішніх стін, перегородки, плити покриттів і перекриттів, ферми, балки, прогони, колони та ін.

Поділяються за призначенням на:

- **конструкційні** ( $\rho \leq 1400\text{-}1800 \text{ кг/м}^3$ ;  $R_b - 5 \text{ МПа}$ )- для несучих конструкцій (колони, балки, плити);
  - **конструкційно-теплоізоляційні** ( $\rho \leq 500\text{-} 1400 \text{ кг/м}^3$ ;  $R_b - 3,5 \text{ МПа}$ ;  $\lambda$ - до  $0,6 \text{ Вт / (м}^\circ\text{С)}$ )) - для огорожувальних конструкцій (зовнішні стіни, покриття);
  - **теплоізоляційні**:  $\rho \leq 500 \text{ кг / м}^3$ ;  $\lambda = 0,175 \text{ Вт / (м}^\circ\text{С)}$ .
- За структурою на:
- **бетони щільної будови на пористих заповнювачах**;
  - **ніздрюваті бетони**, у складі яких роль заповнювачів виконують дрібні сферичні пори;

- *крупнопористі*, в яких відсутній дрібний заповнювач, у результаті чого між частками крупного заповнювача утворюються пустоти.

Залежно від виду заповнювача:

- керамзитобетон;
- шлакобетон;
- пемзобетон і ін.

За видом в'язучого:

- *портландцементні*;
- *шлакопортландцементні*;
- *пуццоланово-портландцементні*;
- *швидкотверднучі- портландцементні*.

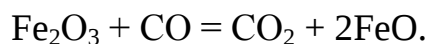
Легкі бетони мають ряд переваг в порівнянні з важкими, це більш ефективний будівельний матеріал. Переваги: 1) менша середня густина (вага конструкцій, витрати на перевезення, полегшення будівельно-монтажних робіт); 2) більш високі теплозахисні властивості за рахунок високої пористості (до 85%). Міцність легких бетонів досить висока - до 50 МПа.

## **9. 2.Бетони на пористих заповнювачах.**

Знизити високу середню густину бетону можна застосуванням пористого заповнювача замість щільного і поризацією цементуючого шару. Треба гранично наситити легкий бетон пористим заповнювачем, як найлегшою його частиною, і ввести як можна менше цементного каменю - найдорожчої, нестійкої, а головне важкої складової.

Неорганічні пористі заповнювачі відрізняються великою різноманітністю, їх поділяють на природні та штучні. Природні пористі заповнювачі одержують шляхом часткового дроблення і розсівання або тільки розсівання гірських порід (пемзи, вулканічного туфу, вапняку-черепашнику та ін.). Штучні пористі заповнювачі є продуктами термічної обробки мінеральної сировини і поділяються на спеціально виготовлені і побічні продукти промисловості (паливні шлаки і золи, відвальні металургійні шлаки та ін.).

**Керамзитовий ґравій** отримують шляхом випалу гранул, приготовані з сипучих глин. Це легкий і міцний заповнювач насипною густиною 250-800 кг/м<sup>3</sup>. У зламі гранула керамзиту має структуру застиглої піни. Спечена оболонка, що покриває гранулу, надає їй високу міцність. У процесі випалу (до 1200° С) легкоплавка глина переходить в піропластичний стан і спучується внаслідок виділення всередині кожної гранули газоподібних продуктів. Вони утворюються при дегідратації слюдистих мінералів і вигорянні органічних домішок. Спучуванню сприяє виділення CO<sub>2</sub> в реакції відновлення окису заліза до закису, що протікає при випалюванні в відновному середовищі (містять CO):



Керамзит, що має високу міцність і легкість, є основним видом пористого заповнювача.

**Аглопорит** отримують при випалюванні глиномісної сировини (з до- бавкою 8-10% палива) на решітках агломераційних машин. Кам'яне вугілля вигоряє, а частки сировини спікаються. Застосовують місцеву сировину: лег- коплавкі глинисті і лесові породи, а також відходи промисловості - золи, па- ливні шлаки і вуглевмісні шахтні породи. Аглопорит випускають у вигляді пористого піску, щебеню та гравію.

**Шунгізит** виготовляють випалюванням шунгітових сланцевих порід. Для теплоізоляційних і деяких видів конструкційно-теплоізоляційних легких бетонів використовують і органічні заповнювачі, приготовлені з деревини, стебел бавовнику, багаття, гранул пінополістиролу (стіропорбетон), склово- локна, пенопропіленови фібри та ін.

**Зольний гравій** одержують з попередньо сформованих гранул із суміші пилюватої золи ТЕС та невеликої кількості палива. За своїми властивостями він близький до керамзиту. Виробляють також без випалювальний зольний гравій, для чого зволожену суміш паливної золи та в'язучого гранулюють і піддають термообробці. Як в'язуче можна використовувати портландцемент, гіпсоцементнопуцоланове в'язуче чи будівельне гашене вапно.

**Гранульований металургійний шлак** одержують у вигляді крупного піску із зернами розміром 5-7 мм (іноді до 10 мм) за допомогою поризації водою шлакового розплаву. Насипна густина 500...1200 кг/м<sup>3</sup>.

**Спучений перліт** здобувають короточасним випалюванням вулкані- чних склоподібних гірських порід (перліту, обсидіану), які містять хімічно зв'язану воду. Залежно від розміру зерен спучений перліт поділяють на ще- бінь з насипною густиною 200...500 кг/м<sup>3</sup> та пісок з насипною густиною 100 ...250 кг/м<sup>3</sup>.

**Спучений вермикуліт** одержують випалюванням слюди, яка є магніє- во-залізистим гідроалюмосилікатом із вмістом 8...18% хімічно зв'язаної во- ди. При температурі 1000...1200°C вермикуліт спучується, збільшуючись в об'ємі у 15...20 разів. Буває в вигляді піску чи щебеню з насипною густиною 80...300 кг/м<sup>3</sup>.

Теплопровідність легкого бетону залежить від його густини й вологос- ті. Збільшення об'ємної вологості на 1% підвищує теплопровідність бетону на 0,015...0,035 Вт/(м °C).

Морозостійкість легких бетонів при їхній пористій структурі досить висока. Рядові легкі бетони мають морозостійкість у межах F25...F100. Для спеціальних цілей можуть бути отримані легкі бетони з морозостійкістю F200, F300 і F400.

Водонепроникність у легких бетонів висока, що збільшується в міру твердіння бетону за рахунок ущільнення контактної зони «цементний камінь — заповнювач», що є самим уразливим місцем для проникнення води в зви- чайному бетоні. Установлено наступні марки легких бетонів за водонепрони- кністю: W0,2; W0,4; W0,6; W0,8; W1; W1,2 (тиск води, МПа, при стандарт- них випробуваннях).

### 3. 3. Крупнопористий бетон.

**Крупнопористий бетон** одержують при затвердінні бетонної суміші з в'язучого (звичайно портландцементу), крупного заповнювача і води. Завдяки відсутності піску і зниженій витраті цементу ( $70...150 \text{ кг/м}^3$ ), використовуюваного тільки для склеювання зерен великого заповнювача, густина крупнопористого бетону на  $600...700 \text{ кг/м}^3$  нижча, ніж в аналогічному бетоні щільної монолітної будівлі.

Крупнопористий бетон доцільно виготовляти на основі пористих заповнювачів (керамзитового гравію, жужільної пемзи та ін.). У цьому разі середня густина бетону складає  $500...700 \text{ кг/м}^3$ , плити з такого бетону ефективні для теплоізоляції стін і покрить будинків.

### 4. 4. Ніздрюваті бетони.

**Ніздрюваті бетони** на  $60...85 \%$  за об'ємом складаються з замкнутих пор розміром  $0,2...2 \text{ мм}$ . Ніздрюваті бетони одержують при затвердінні насиченої газовими пухирцями суміші в'язучого, кремнеземистого компоненту і води. Завдяки високопористій структурі середня густина ніздрюватого бетону невелика —  $300...1200 \text{ кг/м}^3$ ; він має низьку теплопровідність при достатній міцності. Бетони з бажаними характеристиками (густиною, міцністю і теплопровідністю) порівняно легко можна одержувати, регулюючи їхню пористість у процесі виготовлення.

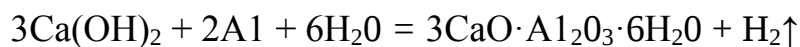
В'язучим у ніздрюватих бетонах може служити портландцемент (чи вапно) із кремнеземистим компонентом. При застосуванні вапняно-кремнеземистих в'язучих одержувані бетони називають газо- і піносілікатами.

**Кремнеземистий компонент** — мелений кварцовий пісок, гранульовані доменні шлаки, зола ТЕС та ін. Кремнеземистий компонент знижує витрату в'язучого і зменшує усадку бетону. Застосування побічних продуктів промисловості (шлаків і золи) з цією метою економічно вигідне й екологічно доцільне. Співвідношення між кремнеземистим компонентом і в'язучим устано-влюється дослідним шляхом.

Для одержання ніздрюватих бетонів використовують як природне твердіння в'язучого, так і активізацію твердіння за допомогою пропарювання ( $T = 85...90^\circ\text{C}$ ) і автоклавної обробки ( $T = 175^\circ\text{C}$ ). Кращу якість мають бетони, що пройшли автоклавну обробку.

За способом утворення пористої структури (методу спучування в'язучого) розрізняють: газобетони і газосилікати; пінобетони і піносілікати.

**Газобетон і газосилікат** одержують, спучуючи тісто в'язучого газом, що виділяється при хімічній реакції між речовиною-газоутворювачем і в'язучим. Найчастіше газоутворювачем служить алюмінієва пудра, яка, реагуючи з гідратом оксиду кальцію, виділяє водень:



Для одержання 1 м<sup>3</sup> газобетону потрібно 0,5...0,7 кг алюмінієвої пудри.

**Пінобетони і піносилікати** одержують, змішуючи тісто в'язучого із заздалегідь приготовленою стійкою технічною піною. Для утворення піни використовують піноутворювачі: гідролізована кров тварин, клеєканіфольний піноутворювач, сульфазол тощо.

Властивості ніздрюватих бетонів визначаються їхньою пористістю, видом в'язучого й умовами твердіння.

Для руху повітря пори ніздрюватих бетонів замкнуті, а для проникнення води — відкриті. Тому водопоглинання ніздрюватого бетону досить високе і морозостійкість відповідно знижена в порівнянні з бетонами щільної структури.

Гідрофільність цементного каменю і велика пористість зумовлюють високу сорбційну вологість. Це позначається на теплоізоляційних показниках ніздрюватих бетонів. Тому при використанні ніздрюватого бетону в огорожах, його зовнішню поверхню необхідно захищати від контакту з водою чи гідрофобізувати.

Міцність ніздрюватих бетонів залежить від їхньої середньої густини і знаходиться в межах 1,5...15 МПа. Ніздрюваті бетони і вироби з них мають високі звукоізоляційні властивості, вони вогнестійкі й легко піддаються механічній обробці (пилянню і свердленню).

Найбільш раціональна область застосування ніздрюватих бетонів — конструкції огорож, стіни житлових і промислових будівель:

- несучі — для малоповерхових будинків;
- що не несуть — для багатоповерхових, які мають несучий каркас.

## **9. 5. Класифікація будівельних розчинів.**

**Будівельним розчином** називають отверділу суміш в'язучої речовини, дрібного заповнювача (піску) і води. По своєму складу будівельний розчин є дрібнозернистим бетоном і для нього справедливі закономірності, властиві бетонам. Серед великого розмаїття розчинів окремі види їх мають багато спільного. В основу групової класифікації покладені наступні провідні ознаки: густина, вид в'язучої речовини, призначення й фізико-механічні властивості розчинів.

**За густиною** в сухому стані розчини ділять на:

- **важкі**, із густиною  $1500 \text{ кг/м}^3$  і більше, для їх виготовлення застосовують важкі кварцові або інші піски;

- **легкі** розчини, що мають густину менш  $1500 \text{ кг/м}^3$ , заповнювачами в них є легкі пористі піски з пемзи, туфів, шлаків, керамзиту й інших легких дрібних заповнювачів.

**За видом в'язучого** будівельні розчини бувають:

- **цементні**, виготовленні на портландцементі або його різновидах;

- **вапняні** – на повітряному або гідравлічному вапні;

- **гіпсові** - на основі гіпсових в'язучих речовин (гіпсу або ангідритового цементу);

- **змішані** - на цементно - вапняному в'язучому.

Вибір виду в'язучого роблять залежно від призначення розчину, вимог до нього, температурно-вологого режиму твердіння й умов експлуатації будинку або споруди.

**За призначенням** будівельні розчини ділять на:

- **мурувальні** для стінового мурування з цегли ; блоків або панелей;

- **оздоблювальні** для штукатурки, виготовлення архітектурних деталей, нанесення декоративних шарів на стенові блоки й панелі;

- **спеціальні**, що мають деякі яскраво виражені або особливі властивості (акустичні, рентгенозахисні, тампонажні й т.д.). Спеціальні розчини мають вузьке застосування.

## **9.6. Властивості та види будівельних розчинів.**

За величиною *міцності при стиску* будівельні розчини підрозділяють на дев'ять марок від 4 до 300. *За морозостійкістю* розчини можуть бути дев'яти марок : від F10 до F300.

В якості дрібного заповнювача для розчинів застосовують:

- для важких розчинів - кварцові й польовошпатні природні піски, а також піски, отримані дробленням щільних гірських порід;

- для легких розчинів - пемзові, туфові, черепашкові, шлакові піски.

Основними властивостями розчинної суміші є рухливість, легкоукладальність, водо утримуюча здатність, а розчинів - міцність і довговічність.

**Рухливість.** Будівельні розчини для кам'яної кладки, мурування й інших робіт виготовляють досить рухливими. Ступінь рухливості розчинної суміші визначають глибиною занурення в суміш металевого конуса масою 300 г з кутом при вершині  $30^\circ\text{C}$ .

**Легкоукладальність** — здатність легко, з мінімальною витратою енергії, укладатися на основу тонким, рівномірним по щільності шаром, що міцно зчіплюється з поверхнею основи.

**Водоутримуюча** здатність характеризується властивістю розчину не розшаровуватися при транспортуванні й зберігати достатню вологість у тонкому шарі на пористій основі.

**Міцність** затверділого розчину залежить від активності в'язучої речовини й величини цементно-водяного відношення. Міцність (МПа) розчинів на портландцементі визначають за формулою проф. Н.А. Попова:

$$R = 0,25 R_u (Ц/В - 0,4),$$

де  $R_u$  — активність цементу, МПа;

$Ц/В$  — цементно-водне відношення.

Міцність (МПа) розчинів залежить також від витрати цементу і якості піску:

$$R = k R_u (Ц - 0,05) + 4,$$

де  $k$  — коефіцієнт, для дрібного піску  $k = 0,5 — 0,7$ ; для середнього  $k = 0,8$  і для великого  $k = 1,0$ ;

$Ц$  — витрата цементу, т/м<sup>3</sup> піску.

Міцність змішаних розчинів залежить також від тонкомолотих добавок, що додають у них. Кожен склад цементного розчину має своє оптимальне дозування добавки, при якому суміш має найкращу легкоукладальність й дає розчин найбільшої міцності.

**Розчини мурувальні та монтажні** виготовляють з використанням:

- портландцементу та шлакопортландцементу (для монтажу стін із панелей та бетонних і цегляних блоків, для звичайного мурування);
- вапна, вапняно-шлакових та вапняно-пуцоланових в'язучих (для малоповерхового будівництва);
- пуцоланових та сульфатостійких портландцементів (для конструкцій, які експлуатуються в умовах впливу агресивних середовищ).

Цементні розчини застосовують для підземного будівництва та кладки нижче гідроізоляційного шару, якщо ґрунт насичений водою, тобто у випадках, коли є необхідною висока міцність та водостійкість. Цементні розчини використовують в основному при зведенні фундаментів та інших конструкцій, що розташовані нижче рівня ґрунтових вод, а також для заповнення швів та стиків панелей, плит покриттів і перекриттів у збірних залізобетонних будівлях, влаштування стяжки для м'яких покриттів та підлог.

Цементно-вапняні розчини містять у своєму складі вапняне тісто, характеризуються високою легкоукладальністю, пластичністю, міцністю та морозостійкістю і використовуються для зведення підземних та надземних частин будівель.

Вапняні розчини відрізняються пластичністю і легкоукладальністю, добре зчіплюються з поверхнею, характеризуються малою усадкою, високою довговічністю, але є повільно твердіючими. Причому розчини на основі повітряного вапна використовують для надземного мурування, а на основі гідралічного - для мурування не тільки в сухих, але й у вологих умовах.

Легкі розчини використовують для теплоізоляційного мурування і штукатурення будівельних матеріалів усіх видів, оскільки внаслідок низьких середньої густини і коефіцієнта теплопровідності вони сприяють збереженню

енергії. У випадку застосування теплоізоляційних будівельних матеріалів з'єднувальні шви є провідниками холоду, і тому використання цих розчинів сприяє підвищенню термічного опору стін (приблизно на 150%) без зниження міцності.

**Монтажні розчини** виготовляють на основі портландцементу, розширеного й безусадкового цементу і використовують для замонолічування стиків елементів збірних залізобетонних конструкцій.

До монтажних розчинів також відносять опоряджувальні розчини - звичайні штукатурні й декоративні.

**Зовнішня штукатурка** виконує функцію оздоблення і вирішує завдання захисту основи від вологи, забезпечує волого обмін між будівельним елементом і зовнішнім середовищем, стійкість до дії морозу і зміни температур.

**Внутрішня штукатурка** виконується з розчинів на основі вапна і зумовлює мікроклімат у приміщенні.

**Гідроізоляційні розчини** виготовляють на цементі підвищених марок (М400 і вище) з використанням як заповнювача кварцового піску. Для улаштування гідроізоляційного шару, що зазнає впливу агресивних середовищ, як в'язучу речовину застосовують сульфатостійкий портландцемент і сульфатостійкий пуцолановий портландцемент. Орієнтовний склад за масою 1:2,5 або 1:3,5 (цемент:пісок). Щоб забезпечити водонепроникність швів і стиків у споруді, використовують гідроізоляційні розчини на основі розширеного цементу.

**Водонепроникні розчини** виготовляють на основі розширеного або безусадкового цементу складів від 1:2 до 1:3, або на основі звичайного портландцементу та шлакопортландцементу з використанням різних добавок.

**Кислотостійкі розчини** — суміш тонкомеленого кварцового компонента та кремнефториду натрію із кислотостійким заповнювачем (піском), що замішані рідким натрієвим чи калієвим склом.

**Жаростійкі розчини.** Як в'язучу речовину застосовують глиноземисті і високоглиноземисті цементи, портландцемент та рідке скло. Заповнювачами та тонкомеленими наповнювачами можуть бути матеріали на основі шамоту, динасу шлаків, паливного попелу та бою випаленої керамічної цегли.

Жаростійкі розчини на основі портландцементу містять поряд із в'язучою речовиною (16-20 %) шамотний заповнювач (84...80 %), пластифікатор у вигляді суміші ЛСТ (0,1%) та вогнетривкої (4...6 %) або бентонітової (2...4 %) глини.

**Вогнетривкі розчини** містять у своєму складі шамотний порошок, інколи порошок бокситу, рідке скло та пластифікатор (суміш вогнетривкої або бентонітової глини). Застосовують ці розчини для кладки печей (або інших

високотемпературних агрегатів) із штучних вогнетривів, що експлуатуються при температурі до 1350°C.

**Рентгенозахисні розчини** використовують в основному як захисні штукатурки, і їхня середня густина повинна перевищувати 2200 кг/м<sup>3</sup>. Як в'язучий компонент застосовують портландцемент, шлакопортландцемент, як заповнювачі — барит у вигляді піску із крупністю зерен до 1,25мм, наповнювач — тонкомелений порошок із бариту. Додатки, що підвищують захисні властивості штукатурки, зазвичай містять легкі елементи (гідроген, літій, кадмій) та речовини, що містять бор.

### **Завдання для самостійної роботи.**

1. Основні види та властивості легких заповнювачів .
2. Види ніздрюватих бетонів.
3. Піно - і газоутворювачі , що застосовуються у виробництві ніздрюватих бетонів.
4. Крупнопористий бетон та його властивості.
5. Способи прискорення твердіння цементних бетонів.
6. Класифікація будівельних розчинів за різними ознаками.
7. Характеристика основних матеріалів для розчинів.
8. Фактори, що впливають на легкоукладальність розчинної суміші.
9. Як досягають необхідної легкоукладальності й водоутримуючої здатності розчинної суміші?
10. Особливості розчинів спеціального призначення.

## **Лекція 10. Металеві матеріали та вироби.**

### **10. 1. Загальні відомості та класифікація металів.**

**Металами** називають матеріали, які мають велику електро- і теплопровідність, непрозорі, здатні до значних пластичних деформацій, що дає можливість обробляти їх під тиском: прокатуванням, куванням, штампуванням, волочінням. Вони добре зварюються, працюють при низьких та високих температурах.

Металічний блиск і пластичність – це основні властивості, які притаманні всім металам. Усі метали в твердому стані мають кристалічну будову.

Широке використання металів у будівництві та інших галузях економіки пояснюється поєднанням у них високих фізико-механічних властивостей з технологічністю. Міцність на розтяг металів практично така ж, як і на стиск.

Так, міцність сталі більш ніж в 10...15 разів перевищує міцність бетону на стиск і в 100...200 разів на вигин і розтяг.

Незважаючи на унікальні міцнісні й технологічні характеристики, слід зазначити, що висока теплопровідність металів робить їх уразливими при дії вогню, отже металеві конструкції мають потребу в тепловій ізоляції. Великі збитки економіці завдає корозія металів.

Метали ділять на дві групи:

- **чорні метали** – сталь і чавун;
- **кольорові метали** – всі метали й сплави на основі алюмінію, цинку, титану тощо.

Кольорові метали свою чергу поділяють на **легкі і важкі**.

Легкі метали і сплави - це алюміній, магній, дюралюміній та інші. Важкі кольорові метали – це мідь, олово, цинк, нікель та інші.

В основу розподілу чорних металів на чавун і сталь покладений відсотковий вміст вуглецю. Чавун – це сплав заліза з вуглецем, вміст якого перевищує 2 %, сталь – сплав заліза з вуглецем, вміст якого не повинен перевищувати 2 %.

## 10.2. Виробництво і види чавуну.

**Чавун**- це сплав заліза з вуглецем, вміст якого становить 2,14...6,67%. Його виплавляють в доменних печах. Принцип одержання чавуну в доменній печі полягає у відновленні заліза, насиченні його вуглецем та іншими домішками – марганцем, сіркою, фосфором.

Вихідними матеріалами для виробництва чавуну є залізні руди, флюсуючі матеріали та паливо. Залізна руда – це порода, яка містить різну кількість заліза у вигляді його хімічних сполук.

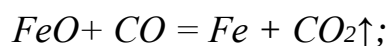
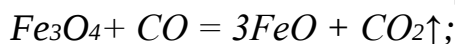
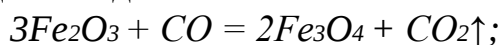
У доменному виробництві застосовують такі руди: магнітний залізняк ( $Fe_3O_4$ ), що містить заліза 70 %, червоний залізняк ( $Fe_2O_3$ ) – до 60 %, бурий залізняк ( $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ ) – до 40 %.

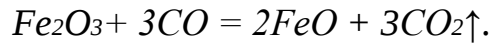
Для зниження температури плавлення пустої породи та відокремлення її від металу в доменну піч подають флюси (крейда, вапняк). Введені в шахту доменної печі флюси утворюють з пустою породою руди сплав, який відокремлюють від металу у вигляді шлаків.

Як паливо у доменному виробництві застосовують кокс. У процесі плавлення залізної руди кокс, з'єднуючись з киснем повітря, інтенсивно згоряє і утворює вуглекислий газ, який відновлює оксиди заліза до чистого заліза за схемою:



Головними реакціями відновлення є:





При цьому відновлюються й інші сполуки, що містяться в руді. Температура плавлення чавуна 1900°C.

У процесі доменної плавки можна одержати: переробний (білий) чавун у кількості до 90 %, який використовують для виробництва сталі; ливарний (сірий) чавун – 8...15 %; феромарганець і дзеркальний чавун, які використовують як домішки при виробництві сталі.

**Білі чавуни** – це сплави, в яких вуглець знаходиться у зв’язаному стані – у вигляді цементиту. Ці чавуни мають високу твердість та крихкість і практично не обробляються ні різанням, ні тиском. Проте значна кількість цементиту обумовлює високу зносостійкість білих чавунів. Цей матеріал переробляють на сталь та сірі чавуни.

**Сірі чавуни** характеризуються наявністю в структурі вуглецю у вільному стані – у вигляді графіту пластинчастої форми. Чим більше графіту, тим нижчі механічні властивості чавуну. Ось чому кількість карбону не повинна перевищувати 3,8%, але для забезпечення ливарних якостей його повинно бути не менше 2,4%.

Сірі чавуни поділяють на сірі, високоміцні, леговані, ковкі. Незважаючи на низькі механічні властивості, сірі чавуни мають ряд позитивних якостей: низька собівартість, високі ливарні якості, добрі антифрикційні властивості, висока корозійна стійкість, жаростійкість.

Ковкий чавун отримують з білого тривалим відпалюванням при високих температурах.

Маркують ковкі чавуни літерами **КЧ**, за якими вказують дві групи цифр. Першою позначено границю міцності, другою – відносне видовження у процентах. Наприклад, **КЧ 350-10** – ковкий чавун міцністю 350 МПа, відносне видовження складає 10 %.

Високоміцні чавуни отримують модифікуванням, тобто перед розливанням у рідкий чавун додають домішки магнію або церію (до 1%). Високоміцні чавуни маркують літерами **ВЧ** і двома групами цифр: першою позначено границю міцності при розтягу, другою – відносне видовження. Наприклад, **ВЧ 800-2** - високоміцний чавун міцністю 800 МПа, відносне видовження складає 2 %. Сірий чавун маркують **СЧ**. Наприклад **СЧ-120-280** (сірий чавун 120-міцність при розтягу, 280 - міцність при вигину).

Чавуни є стійкими проти корозії. Із ливарного чавуна виготовляють башмак під колони, тюбінги для тунелів, опорні частини залізобетонних ферм і балок, ванни, мийки, каналізаційні труби та інші вироби.

### 10. 3. Виробництво і види сталі.

Для одержання **сталі** використовують шихту, до складу якої входить передільний чавун, сталевий лом, а також шлакоутворюючі й легуючі речовини. Виробництво сталі – досить складний технологічний процес, що зводиться до видалення з чавуну частини вуглецю і домішок. Існує три способи одержання сталі: *конвертерний, мартенівський і електроплавильний*. Сталь є

одним з найважливіших конструкційних матеріалів. Високі фізико-технічні характеристики, технологічність і великі обсяги виробництва визначили її широке використання в будівництві.

Залежно від процентного вмісту вуглецю розрізняють сталі:

- низько вуглецеву (до 0,25%);
- середньо вуглецеву (0,25-0,6%);
- високо вуглецеву (більше 0,6%).

З підвищенням вуглецю у сталі істотно зменшується пластичність, підвищується крихкість, у зв'язку з чим у будівництві переважно використовують низько вуглецеві сталі. Для підвищення технічних властивостей чавунів і сталей до них додають легуючі речовини: марганець, хром, нікель, молібден, алюміній, мідь.

Якщо вміст легуючих добавок складає до 2,5% – це *низьколеговані* сталі; 2,5-10% – *середньо леговані*; більше 10% – *високолеговані*. Введення легуючих добавок підвищує корозійну стійкість, ковкість, пружність сталі.

За призначенням вуглецеві сталі підрозділяються на *конструкційні* й *інструментальні*. Конструкційні сталі містять вуглець не більше 0,65%. Їх застосовують для виготовлення арматур залізобетонних конструкцій. У свою чергу, конструкційні сталі, які використовуються в будівництві, підрозділяють на сталі *звичайної якості*, *якісні* й *спеціальні*.

**Сталь вуглецева звичайної якості** підрозділяється на групи А, Б, В.

При поставці сталей групи А споживачу гарантують механічні властивості без уточнення хімічного складу. Виготовляють марки Ст 0, Ст 1 и т.п. до Ст 6. Чим більше номер сталі, тим більше в ній процент вмісту вуглецю.

Сталі групи Б (БСт0, БСт1, БСт3 и т.д.) поставляють із гарантованим хімічним складом. Сталі групи В – з гарантованими хімічним складом і механічними властивостями.

Леговані сталі, на відміну від вуглецевих, містять ще й легуючі добавки, які підвищують якість сталі і надають їй певних властивостей. До легуючих добавок відносять : С - кремній, Х - хром, Г - марганець, Н - нікель, М - молібден, Д - мідь.

Легування сталі кремнієм підвищує її пружні властивості, нікель і хром – жаростійкість і корозійну стійкість, молібден – ряд механічних характеристик і т.д. При маркуванні легованих сталей перші дві цифри показують вміст вуглецю в сотих частках відсотків, наступні букви – умовне позначення легуючих елементів. Якщо кількість легуючого елемента становить 2% і більше, то після букви ставлять ще і цифру, яка вказує цю кількість. Приклад: 25 ХГС2С – це марка сталі, яка вказує на вміст вуглецю 0,25%, близько 1% хрому, 2% марганцю й близько 1% кремнію.

Велика кількість сталі використовується для виготовлення будівельних сталевих конструкцій – крупно розмірних елементів будинків і споруд. Сталеві конструкції звичайно виконують із прокатних елементів різного профілю.

**Сортова сталь** включає профілі масового попиту, швелери, двотаври й профілі спеціального призначення (рис. ).

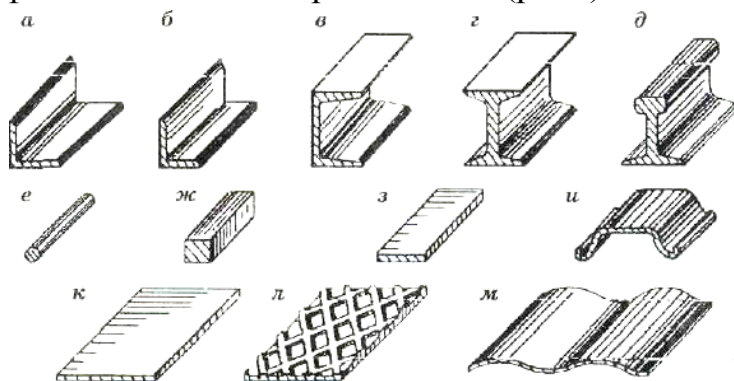


Рис. – Прокатні вироби зі сталі різного профілю: *а* —кутикова рівнобока; *б* — кутикова нерівнобока; *в* — швелер; *г* — двотавр; *д* — підкранова рейка; *е* — кругла; *ж* — квадратна; *з* — штабова; *и* — шпунтова паля; *к* — листова; *л* — рифлена; *м* — хвиляста.

#### 10. 4. Кольорові метали і їх сплави.

**Алюміній і сплави на його основі.** У чистому вигляді алюміній м'який, пластичний, добре відливається, прокочується, плавиться при температурі  $657^{\circ}\text{C}$ , має підвищену стійкість до корозії, високу тепло- і електропровідність. Густина алюмінію –  $2700 \text{ кг/м}^3$ , міцність на розтягнення –  $90...120 \text{ МПа}$ . У чистому вигляді застосовується для виливки деталей, виготовлення порошкових фарб, як газоутворювач у виробництві ніздрюватих бетонів. Високоефективний утеплювач на основі алюмінієвої фольги, здатний відбивати теплові промені. У будівництві в основному застосовують сплави алюмінію з міддю, марганцем, магнієм, кремнієм, залізом, які від чистого алюмінію відрізняються більш високою технологічністю, підвищеною міцністю і твердістю. Сплави, що складаються з алюмінію, міді, марганцю й магнію називають *дюралюмінієм*. Міцність при розтягу таких сплавів становить  $20...500 \text{ МПа}$ . Конструкції і вироби з дюралюмінію добре себе зарекомендували при влаштуванні віконних коробок і плетінь, дверей і дверних коробок, зовнішнього облицювання будинків і виготовлення легких тришарових панелей з пінопластовим утеплювачем.

Сплав алюмінію з кремнієм (до 23%) називається *силуміном*. Міцність при розтягу становить  $200 \text{ МПа}$ . Ці сплави мають високі ливарні якості, малу усадку і пористість, вони тверді й міцні.

Основна перевага алюмінієвих сплавів – мала вага при досить високій міцності в сполученні з корозійною стійкістю.

### ***Мідь і сплави на її основі***

Чиста мідь – м'який, пластичний метал із густиною  $8960 \text{ кг/м}^3$ , має високу теплопровідність, незначну міцність при розтягу  $180\ldots 240 \text{ МПа}$ , температуру плавлення –  $1080^\circ\text{C}$ . Мідь використовується у вигляді сплавів: *латуні й бронзи*.

*Латунь* – сплави міді з цинком ( $10\ldots 40\%$ ). Добре піддається прокату, штампуванню і витягуванню. У порівнянні з чистою міддю має більш високу твердість і міцність при розтягу  $250\ldots 600 \text{ МПа}$ . У будівництві застосовується в основному для декоративних цілей (поручні, накладки і т.д.) і для санітарно-технічних пристроїв.

*Бронза* – сплав міді з оловом (до  $10\%$ ), алюмінієм, свинцем. Міцність бронзи така, як і в міді, але значно вища твердість. Володіє гарними ливарними властивостями. Призначення в будівництві як латуні.

## **10.5. Термічна обробка сталі.**

***Термічна обробка*** — технологічний процес, сутність якого полягає у зміні структури металів і сплавів при нагріванні, витримці та охолодженні, згідно зі спеціальним режимом, і тим самим, у зміні механічних та фізичних властивостей останніх.

***Випалювання*** — нагрівання сталевого виробу до температури  $840\text{—}900^\circ\text{C}$ , витримка при цій температурі не менше 2 год. і з наступним повільним (переважно разом із піччю) охолодженням. Цей метод застосовують для зниження твердості і підвищення в'язкості сталі, досягнення хімічної і структурної однорідності.

***Нормалізація***. Нормалізацією називають нагрівання до високої температури, ( $840\text{—}900^\circ\text{C}$ ) видержування і повільне охолодження на повітрі. Нормалізація доводить сталь до дрібнозернистої та однорідної структури. Твердість і міцність сталі після нормалізації вищі, ніж після відпалу.

***Загартування***. Загартуванням називають нагрівання до високої температури, витримку і швидке охолодження (у воді, мінеральній оліві та інших охолоджувачах). Є такі види загартування: в одному охолоджувачі; перервне; ступінчасте; ізотермічне; поверхневе та ін. Загартування сталей забезпечує підвищення твердості, виникнення внутрішніх напружень і зменшення пластичності. Твердість збільшується у зв'язку з виникненням таких структур: сорбіт, тростит, мартенсит. Практично загартуванню піддаються середньо- і високоуглецеві сталі.

***Відпуск***. Відпуском називають нагрівання до температури  $700^\circ\text{C}$ , витримку та повільне охолодження на повітрі. Розрізняють три види відпуску: низький (нагрівання до температури  $200^\circ\text{C}$ ); середній ( $300\text{--}500^\circ\text{C}$ ); високий ( $500\text{--}700^\circ\text{C}$ ). Після відпуску певною мірою зменшується твердість і внут-

рішні напруження, збільшується пластичність і в'язкість сталей. До цього приводить зміна структур після відпуску. Структура мартенситу сталі переходить відповідно в структуру троститу і сорбіту. Чим вища температура відпуску, тим менша твердість відпущеної сталі і тим більша її пластичність та в'язкість.

Відпуск, в основному, проводять після загартування для зняття внутрішніх напружень. Низький відпуск застосовують при виготовленні різального інструменту, вимірювального інструменту, цементованих деталей; середній — при виробництві ковальських штампів, пружин, ресор; високий — для багатьох деталей, що зазнають дії високих напружень (осі автомобілів, шатуни тощо).

### **Завдання для самостійної роботи.**

1. Класифікація сталей і чавунів.
2. Сировинні матеріали для виробництва чавуну.
3. Які основи виробництва чавуну?
4. Різниця між білим і сірим чавуном.
5. Принципи маркування сталі?
6. Дайте визначення термічної обробки сталі і перерахуйте її види.
7. Способи виробництва сталі.
8. Вплив легуючих добавок на властивості сталі.
9. Марки алюмінієвих сплавів, що застосовуються в будівництві.
10. Які метали належать до кольорових?

## **Лекція 11. Залізобетонні вироби і конструкції.**

### **11.1. Загальні відомості та класифікація залізобетонних виробів.**

**Залізобетон** – це композиційний будівельний матеріал, в якому вдало сполучається робота бетонної матриці і сталевих арматур.

Винахід залізобетону пов'язують з ім'ям француза Жозефа Моньє, який у 1867р. отримав свій перший патент на переносні садові діжки із заліза і цементного розчину. У 1869 р. він зробив патентну заявку на залізобетонні плити і перегородки. Широке застосування залізобетону в Європі стало можливе завдяки німецькому інженеру Вайсу, який викупив патенти Моньє, продовжив дослідження і правильно розташував арматуру у нижній зоні виробу. Винахід залізобетону зробив справжню революцію в будівництві, дозволив ліквідувати безліч ускладнень, які до цього здавалися нездоланими.

Універсальність залізобетонної конструкції забезпечують такі фактори:

- 1) бетон добре працює на стиск, але погано витримує розтяг;
- 2) арматура компенсує зазначений недолік бетону, знаходячись у

розтягнутій зоні, і конструкція сприймає напруження, що розтягують (рис. );

3) бетон захищає сталеву арматуру від корозії і дії високих температур;

4) спільній дії сталеві арматури і бетону сприяє добре зчеплення на межі розділу;

5) коефіцієнти лінійного розширення бетону і сталі приблизно однакові: у бетону  $7...14 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ; у сталі  $12...14 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

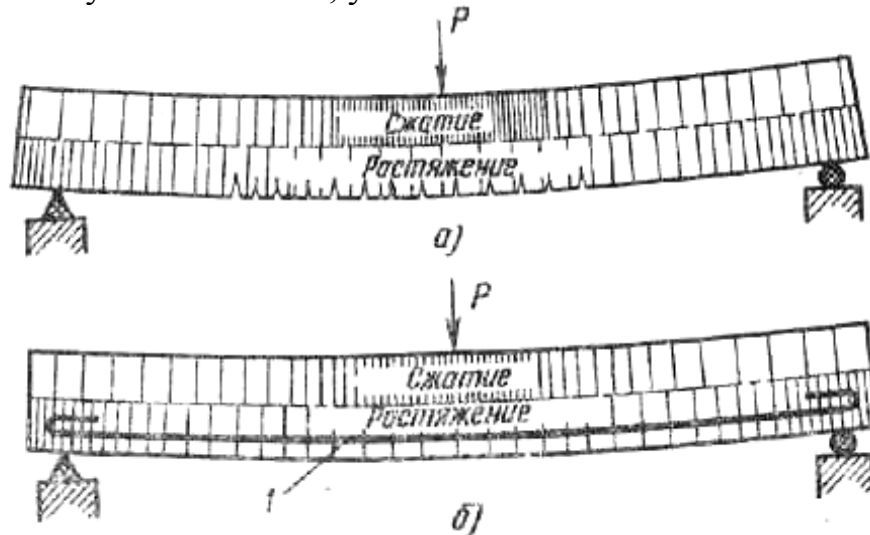


Рис. - Неармована бетонна (а) і армована залізобетонна (б) балка;  
1 – арматура.

За видом армування залізобетонні конструкції поділяють на: зі **звичайним та попередньо напруженим армуванням**.

За способом виготовлення залізобетонні конструкції розрізняють **монолітні і збірні**.

**Монолітні** залізобетонні конструкції зводять безпосередньо на будівельних майданчиках. Особливістю технології виготовлення монолітного залізобетону є те, що основні технологічні операції (монтаж опалубки, укладання арматури і бетонної суміші в опалубку, ущільнення, твердіння) здійснюються на місці проведення будівельних робіт. Звичайно їх застосовують при нестандартності й малій повторюваності елементів споруди, для зведення гідротехнічних, промислових, транспортних споруд. З використанням монолітного залізобетону можлива реалізація різноманітних архітектурних і конструктивних рішень будинків і споруд.

**Збірні залізобетонні конструкції** виготовляють на спеціалізованих заводах (ЗБК, ДБК), оснащених стаціонарними технологічними лініями з урахуванням специфіки конструкції. Перевагою збірного залізобетону порівняно з монолітним, є істотне підвищення продуктивності праці і якості будівництва, скорочення його, в тому числі за рахунок використання великорозмірних виробів та елементів конструкцій повної заводської готовності.

## 11. 2. Арматура та армування залізобетонних виробів.

Арматурний прокат (А) поділяють на класи залежно від показника механічних та службових властивостей.

Залежно від службових властивостей прокат поділяють на:

- зварюваний (індекс С);
- не зварюваний (без індексу С);
- тривкий до корозійного розтріскування під напругою (індекс К);
- нетривкий до корозійного розтріскування (без індексу К);
- зварюваний та тривкий до корозійного розтріскування під напругою (індекс СК).

Арматурний прокат виготовляють класів: А240С – з гладким профілем, А400С, А500С, А600, А600С, А600К, А800, А800К, А800СК і А1000 – з періодичним профілем.

**Арматурна сталь** у вигляді стрижнів гладкого й періодичного профілів, дроту та канатів (рис. ).

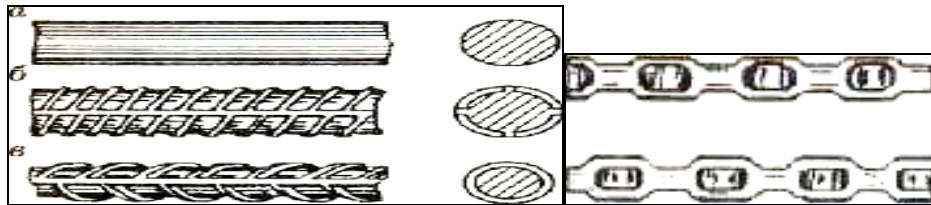


Рис. – Види арматурної сталі:

а — гладка стрижнева; б — гарячекатана періодичного профілю, класу Л-П;

в — те ж класу А-Ш; г — холоднокатана з чотирьох сторін;

д — те ж з двох сторін; е — кручена.

Використання попередньо напружених армуванні залізобетонних конструкцій більш ефективне, тому що дозволяє знизити масу конструкції, повніше використовувати несучу здатність складових елементів, підвищує тріщиностійкість і довговічність композиції. У балках зі звичайного залізобетону під дією навантажень бетон розтягується разом з арматурою, в ньому з'являються дрібні тріщини, що відкривають доступ для вологи до арматурної сталі. Дія вологи може призвести до корозії й руйнування арматури. Якщо ж сталеву арматуру до укладання в опалубку бетонної суміші розтягти, а потім, після затвердіння бетону, відпустити, то арматура, прагнучі повернутися в первісне положення, створить навантаження, що обтискає бетон. Виникаючи в такій конструкції під дією зовнішніх сил напруження, що розтягують, не приведуть до утворення небезпечних тріщин у бетоні. Розрізняють два основних види залізобетонних конструкцій з попереднім напруженням: з натягом арматури до і після бетонування. У першому випадку арматуру попередньо розтягують і кінці її закріплюють на упорах ферми, потім укладають бетонну суміш. Після того як бетонна суміш затверділа, кінці арматурних стрижнів звільняють від упорів. Другий спосіб передбачає виготовлення залізобетонних конструкцій з поздовжніми каналами, через які пропускають арматурні стрижні, потім їх розтягують і закріплюють на торцях конструкції. Канали заповнюють цементним розчином з метою захисту сталевих арматури від ко-

розії.

### **11. 3. Види залізобетонних виробів.**

Бетонні і залізобетонні вироби широкої номенклатури в даний час застосовують у всіх областях будівництва. Ці вироби класифікують за призначенням, видом бетону, будовою, способом армування, розмірами, об'ємній вазі та іншими ознаками.

За призначенням збірні залізобетонні вироби поділяють на наступні основні групи: вироби для житлових і громадських будівель, вироби для промислових будівель.

#### ***Вироби з залізобетону для житлових та цивільних будівель***

При зведенні житлових і цивільних будівель застосовуються наступні види збірних залізобетонних виробів: вироби для фундаментів і підземних частин будівель, вироби для каркасів будівель, стінові блоки і панелі, вироби для перекритті, вироби для збірних сходів та ін.

Вироби для *фундаментів* і підземних частин будівель. Для зведення фундаментів і підземних частин будівель застосують фундаментні блоки, блоки стін підвалу, палі та інші вироби.

Фундаментні блоки виготовляють з важкого бетону марки 150 — 200, армують їх плоскими зварними сітками.

*Блоки стін підвалу* суцільні і пустотілі виготовляють з важкого бетону марки 150. Вони мають прямокутну форму і наступні розміри: довжина до 3 м, товщина 38 — 580 мм і висота 580 мм. На торцевих сторонах блоку роблять пази. Заповнюються розчином при монтажі стін підвалу. *Пустотілі блоки* економічніше суцільних, так як при цьому потрібно менше бетону.

*Палі* мають квадратний поперечний переріз 300\*300 мм і довжину 6 — 12 м. Виготовляють їх з бетону марки 300. застосування пальових фундаментів при зведенні великоблочних і великопанельних будівель значно прискорює терміни будівництва і знижує його вартість.

Вироби для каркасів будівель. Каркаси житлових і цивільних будівель зводять із залізобетонних *колон, ригелів і прогонів* і інших елементів, які виготовляються з важкого бетону марок 200 — 300. Довжину колон зазвичай приймають рівною висоті двох поверхів будівлі. Колони з'єднують між собою, з ригелями і прогонами зварюванням закладних деталей.

*Стінові блоки і панелі*. Стінові блоки виготовляють з легкого бетону об'ємним вагою не більше  $1600 \text{ кг/м}^3$ , при цьому використовують бетон марки 50, 100, 150 і 200. Блоки зовнішніх та внутрішніх стін виготовляють суцільними і порожнистими. Товщина блоків зовнішніх стін залежно від кліматичних умов від 300 до 500 мм. Товщина блоків внутрішніх стін — від 200 — 400 мм. Блоки зовнішніх стін поділяють по конструктивним елементам стіни на простеночні, кутові, підвіконні, перемичні, карнизні і цокольні.

*Стінові панелі* за призначенням поділяють на панелі для зовнішніх стін і для внутрішніх стін.

*Панелі зовнішніх стін опалювальних будівель* виготовляють шаруватими з важкого цементного бетону марки 200 з теплоізоляційним шаром і одношаровими з пористого бетону або легкого бетону на пористих заповнювачах.

Висоту панелей приймають рівною висоті поверху будівлі, а ширину — від 3200 до 7200 мм ( на одну або дві кімнати).

Вироби для міжповерхових перекриттів. До цієї групи виробів відносять *настили і панелі* перекриттів, які повинні володіти міцною і достатньою звукоізоляцією. Вироби шириною на всю кімнату зазвичай називаються панелями, а більш вузькі — настилами. Довжина виробів коливається від 3 до 6,5 м.

Настили перекриттів виготовляються з круглими і овальними порожнечами. Пустоти знижують вага настилу, підвищують звукоізоляцію перекриттів і зменшують витрату бетону. Довжина настилу до 6 м, товщина 200 — 220 мм, ширина їх зазвичай 0,81,6 м. Настили виготовляють з важкого бетону марок 200 — 300.

Панелі перекриттів по конструкції можуть бути плоскі суцільні і пустотілі з круглими і овальними порожнечами, а також ребристі. Їх виготовляють з важкого і легкого бетону марок 200 — 300 з звичайною або попередньо напруженим армуванням розмірами на кімнату і товщиною 140 мм

Панелі та плити покриттів бувають ребристі, плоскі і пустотілі, а також одношарові з важкого бетону або легкого бетону на пористих заповнювачах. Марка бетону повинна бути не менше 200, довжина панелей і плит 6 м, а ширина 1,5 — 3 м.

Вироби для збірних сходів . До виробів цієї групи відносять сходові марші, площадки, марші з напівплощадками та ін.

Сходові марші і площадки виготовляються з бетону марки 200 і армують зварними сітками і каркасами. Розміри маршів і площадок встановлюються відповідно з висотою поверху і шириною сходової клітки.

### ***Вироби з залізобетону для промислових будівель***

Вироби для *фундаментів* і підземних частин будівель промислового призначення включають фундаментні блоки, залізобетонні палі, спеціальні фундаменти під колони, фундаментні балки та ін.

Фундаменти під колони , називають іноді башмаками, виготовляють з розміром підошви від 1300 до 1900 мм і висотою 600 мм з бетону марок 150 — 200. У центрі фундаменту є поглиблення (стакан) для установки колони. Черевики армують зварними каркасами.

*Фундаментні блоки* виготовляють з трапецеїдальним або тавровим поперечним перерізом. Висота перерізу 400 — 600 мм, довжина балок 4450 і 10700 мм. Виготовляють їх з бетону марок 200 — 400 звичайних і попередньо напруженим армуванням.

Вироби для каркасів будівель. До виробів, що застосовуються при зведенні каркаса будівлі промислового, відносять колони, підкранове балки, ферми, балки покриттів і арки.

*Колони* виготовляються із квадратним, прямокутним тавровим поперечним перерізом розмірами від 300\*300 до 400\*600 мм і більше з бетону марок 200

— 400. Для обпирання підкранових балок колони крайніх рядів в будівлі поставляють однією консоллю, а колони середніх рядів — двома.

*Підкранове балки* таврового перерізу служать для обпирання рейкових шляхів мостових кранів. Їх виготовляють завдовжки 12 м з бетону 400 і з поперечно напруженою арматурою.

Балки покриттів за формою бувають трапецеїдальних і сегментні. Їх виготовляють з бетону марок 300 — 400 і завдовжки 12,18,24 м.

*Ферми і арки* застосовують в якості несучих елементів покриттів прольотів 18 м і більш. Ферми можуть мати трапеціїдну, трикутну або криволінійну сегментну форму.

#### **11. 4.Способи виробництва збірних залізобетонних виробів.**

Виробництво залізобетонних виробів і конструкцій здійснюється на конвеєрних, поточно-агрегатних, касетних і стендових технологічних лініях. Конвеєрне виробництво є удосконаленим видом поточно-агрегатного способу. При ньому форми з виробами переміщуються від одного поста до іншого спеціальними транспортними засобами в примусовому ритмі. Весь процес виготовлення виробів поділяється на ряд технологічних операцій, одна

чи декілька з яких виконуються на визначеному пості.

**Конвеєрні лінії** поділяються: по характеру роботи на роботи періодичної і безупинної дії; по способі транспортування — з формами, що пересуваються по рейках чи роликах, і з формами, утвореними безупинною сталевною стрічкою;

по розташуванню теплових агрегатів — паралельно конвеєру у вертикальній чи горизонтальній площині, а також у створі формувальної частини конвеєра. Найбільш поширені конвеєрні лінії періодичної дії з формами, що пересуваються по рейках. Раціональними областями застосування конвеєрних ліній вважається спеціалізоване виробництво виробів одного виду і типу (панелі перекриттів, панелі внутрішніх і зовнішніх стін будинків).

**Поточно-агрегатний спосіб** виробництва полягає в тім, що технологічні операції послідовно здійснюються на окремих робочих постах. Частина операцій звичайно виконують одночасно, наприклад операції розпалубки виробів і огляду і підготовки форм сполучають з формуванням виробів. Формування виробляється на віброплощадках в одиночних і групових формах.

До складу технологічної лінії, як правило, входять формувальний агрегат з бетоноукладачем; установки для заготівлі і натягу арматури; формоукладацьник;

камери твердіння; ділянки розпалубки, остигання виробу, їхньої обробки і технічного контролю; пост чищення і змащення форм; площадки під запасник арматури, закладних деталей, утеплювача, складування форм, їхнього оснащення і поточного ремонту; стенд для іспиту готових виробів.

**Касетне виробництво** широке використовується при виготовленні

суцільних панелей перекритій і внутрішніх стін, перегородок промислових будинків, плит облицювання каналів, сходових маршів, вентиляційних блоків.

Формування виробів здійснюється в двох - і багатомісних касетах періодичної дії, й у касетах безупинної дії (касетне-конвеєрний спосіб виробництва). Ущільнення бетонної суміші виробляється за допомогою зовнішніх і глибинних вібробуджувачів. Тепловологісна обробка здійснюється на місці за рахунок циркуляції пари усередині теплових відсіків касети.

**При стендовому виробництві** виробу формують у стаціонарних формах. Тепловологісна обробка бетону виробляється на місці формування. Стенові технологічні лінії рекомендується використовувати для виготовлення крупно розмірних, особливо попередньо напружених виробів (кроквяних і підкроквяних балок і ферм; підкранових балок, ригелів, плит типу П). Ущільнення бетонної суміші здійснюється напіпними чи глибинними вібробуджувачами.

### **11. 5. Формування та твердіння виробів.**

Властивості формованих виробів значною мірою визначаються їхньою щільністю, а тому принцип оптимальності однорідного ущільнення здобуває велике значення.

Оптимальне ущільнення досягається за умови граничного руйнування первинної структури шляхом зниження в'язкості бетонної суміші або підвищенням інтенсивності механічних ущільнюючих впливів. Прагнення домогтися оптимального ущільнення бетонної суміші з водо утриманням, що наближається до необхідного для реакції гідратації, призвело до вдосконалення методів механічних впливів, застосовуваних для формування.

Всі види механічних впливів підрозділяються на 2 групи:

- 1) тиск і удар-трамбування, пресування, прокат.
- 2) вібрування.

Необхідно відзначити, що найбільш ефективно - це сполучення способів, що забезпечують високий тиск із вібруванням: вібро трамбування, вібро-прасування, вібропрокат.

Облік кінетики тепловиділення й керування нею.

Процес твердіння бетону значно перевищує по тривалості всі інші операції з виготовлення бетонних і залізобетонних виробів. Теплова обробка, що дозволяє в багато разів прискорити процес твердіння бетону, є, як правило, необхідною умовою заводського виробництва бетонних і залізобетонних виробів.

У заводських умовах застосовуються наступні види теплової обробки бетонних і залізобетонних виробів:

а) пропарювання в камерах при нормальному атмосферному тиску пари й пароповітряної суміші ( $T = 60-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ );

б) запарювання в автоклавах у середовищі насиченої водяної пари підвищеного тиску - звичайно 9-12 атм. при  $T = 175-190\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

- в) нагрівання в закритих формах з контактною передачею тепла бетону через захисні поверхні від різних джерел;  
г) прогрів бетону електрострумом і ін.  
Вибір режимів теплової обробки зводиться до вибору оптимальних для кожного випадку рішень.

### **Завдання для самостійної роботи.**

1. Основні відомості про залізобетон.
2. Класифікація збірних залізобетонних виробів.
3. Види арматурної сталі.
4. Способи армування конструкцій.
5. Ізделія для цивільних будівель.
6. Конструкція для виробничих будівель.
7. Стендовий і поточно-агрегатний способи виробництва збірного залізобетону.
8. Касетний і конвеєрний способи виробництва збірного залізобетону.
9. Твердження залізобетонних виробів.
10. Управління якістю збірного залізобетону.

## **Лекція 12. Органічні в'язучі речовини та матеріали їх основи.**

### **12.1. Загальні відомості та класифікація органічних в'язучих речовин.**

**Органічні в'язучі** речовини - це природні або штучні тверді, в'язко-пластичні та рідкі матеріали аморфної структури до складу яких входять високомолекулярні вуглеводні і їхні похідні.

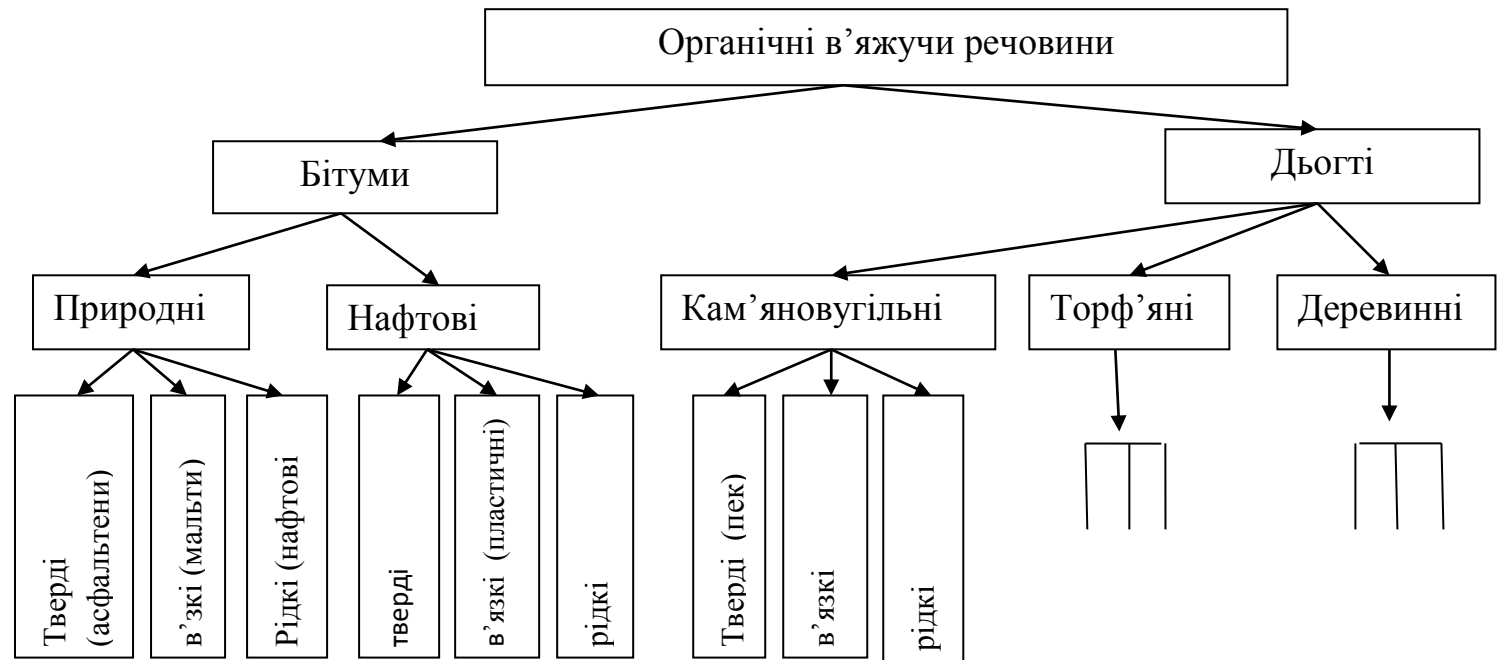
Застосування бітумів було відоме давно, однак література тривалий час майже не згадувала про бітуми чи асфальти. За 700 років до нашої ери у Вавилоні природний полімер - бітум застосовувався як цементуючий і водостійкий матеріал при будівництві каналу під рікою Євфрат. У 1300 р. італійський мандрівник Марко Поло вперше вказав на родовища «рідкого асфальту» в Баку.

Органічні в'язучі є гідрофобними та горючими матеріалами, більшість з яких здатні розчинятися в органічних розчинниках (бензолі, толуолі, гасі, лігроїні), а деякі тільки набухати в них. Вони характеризуються достатньою адгезією до більшості матеріалів.

Сировиною для виробництва органічних в'язучих речовин є продукти органічного походження, в тому числі: нафта, кам'яне вугілля, горючі сланці,

торф. Ця сировина підлягає хімічній переробці, в результаті чого, крім таких цінних продуктів, як бітум, дьоготь, одержують також смоло подібні залишки, з яких шляхом додаткової переробки отримують цілий ряд речовин, що за своїми властивостями можуть бути класифіковані як органічні в'язучі матеріали.

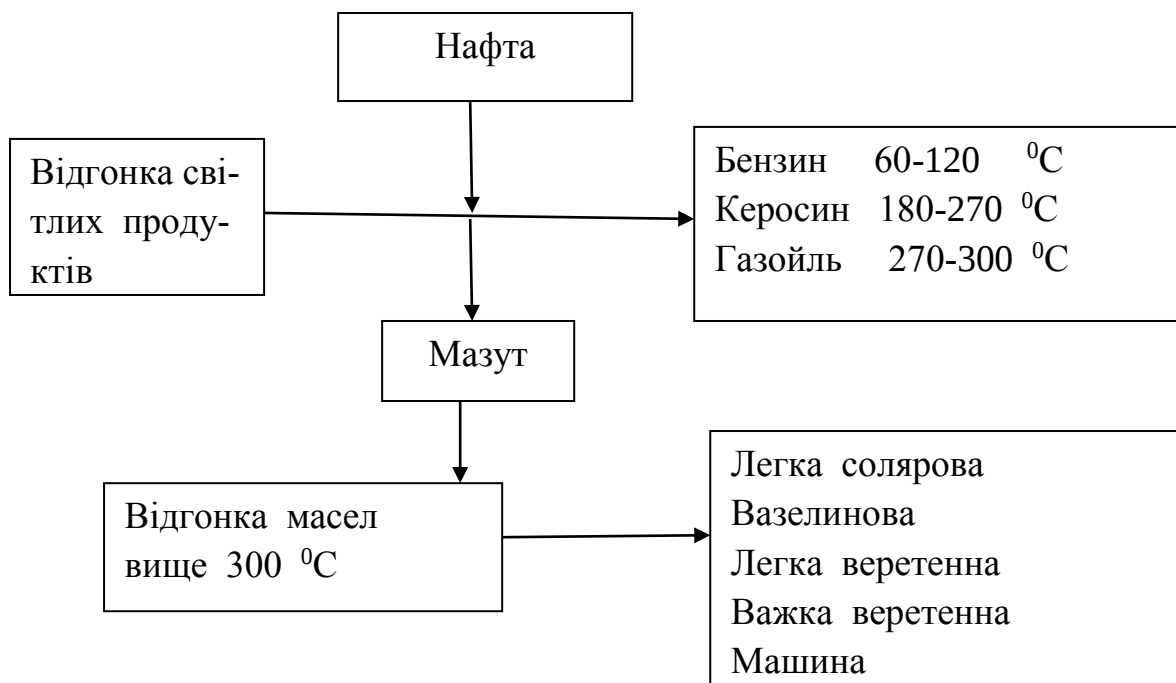
Залежно від властивостей, хімічного складу, виду сировини та технологічного процесу органічні в'язучі речовини класифікують.

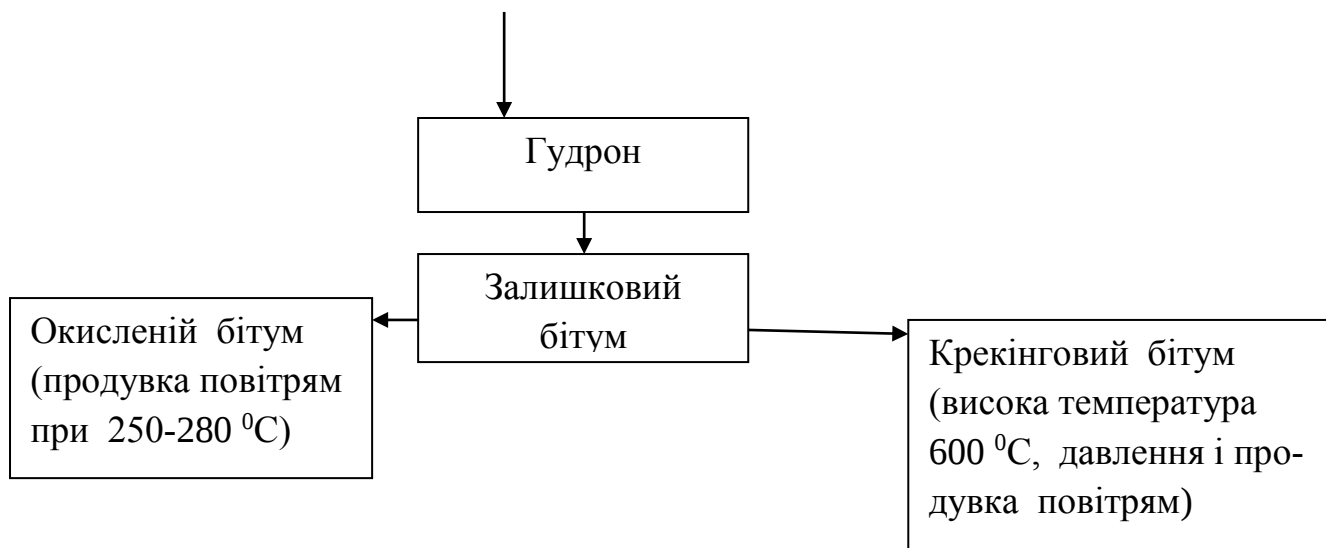


## 12.2. Бітумні в'язучі речовини та їх властивості.

**Бітумні** (природні, нафтові, сланцеві) речовини, які складаються із вуглеводнів метанового, нафтенового та ароматичного рядів, а також їхніх кисневих, сірчанних і азотних похідних.

Нафтові бітуми отримують по наступній схемі.





**Природні бітуми** – це в’язкі рідини та твердо подібні речовини чорного чи темно-коричневого кольору, що утворилися внаслідок природного процесу окислювальної полімеризації нафти. Вони легко розчиняються в сірководні, бензолі та хлороформі, гірше – у бензині. Найчастіше природні бітуми містяться у пісках, пісковиках, вапняках, доломітах і сланцях, в місцях нафтових родовищ, утворюючи лінзи, а іноді, й цілі асфальтові озера. Бітумні породи використовують у вигляді тонкого порошку для одержання асфальтової мастики та асфальтових бетонів.

**Хімічний склад бітумів** 70-80% вуглеводна, 10-15% водень, 1-5% кисень, 2-9% сіра, 0-2% азот. Важкі смолисті нафти дають вихід 7-8% бітуму, а легкі 0,5-1%.

**Властивості бітумів** визначаються їхньою природою, складом та технологією отримання. Для бітумів, на відміну від мінеральних в’язучих речовин, характерні гідрофобність, атмосферо стійкість, підвищена деформативність, здатність розм’якшуватися при нагріванні. Густина бітумів коливається в межах від 800 до 1300 кг/м<sup>3</sup>.

Основними якісними показниками бітумів є в’язкість (твердість), деформативність та теплостійкість. Позначення марки бітуму складається з літер, які пов’язані з його призначенням, наприклад **БНК 90/60** – означає бітум нафтовий покрівельний (кровельний) та цифр, перша з яких відповідає температурі розм’якшення, а друга – пенетрації.

Для дорожніх бітумів цифри (перша та друга) пов’язані з межами зміни пенетрації, наприклад **БНД 200/300**.

Бітумні матеріали характеризуються здатністю до старіння, сутність якого полягає у підвищенні крихкості і зменшенні тріщиностійкості внаслідок поступового окиснення компонентів під дією атмосферних факторів.

Бітумні речовини є гідрофобними, вони не змочуються і не розчиняються у воді, що дозволяє їх використовувати як основний компонент

гідроізоляційних матеріалів.

Бітуми є хімічно інертними до водних розчинів мінеральних солей, лугів та кислот, наприклад, вони добре чинять опір дії лугів (при концентрації до 45 %), фосфатній кислоті (при концентрації до 85 %), сульфатній (при концентрації до 50 %), соляній (при концентрації до 25 %). Менш стійкі бітуми в атмосфері, яка містить оксиди азоту, вони руйнуються при дії концентрованих розчинів кислот, розчиняються в органічних розчинниках. Відносна хімічна інертність бітумів дозволяє використовувати їх у будівництві для антикорозійного захисту.

Наведені властивості бітумів зумовили їх застосування в гідротехнічному та дорожньому будівництві, а також для виробництва покрівельних, гідроізоляційних та антикорозійних матеріалів.

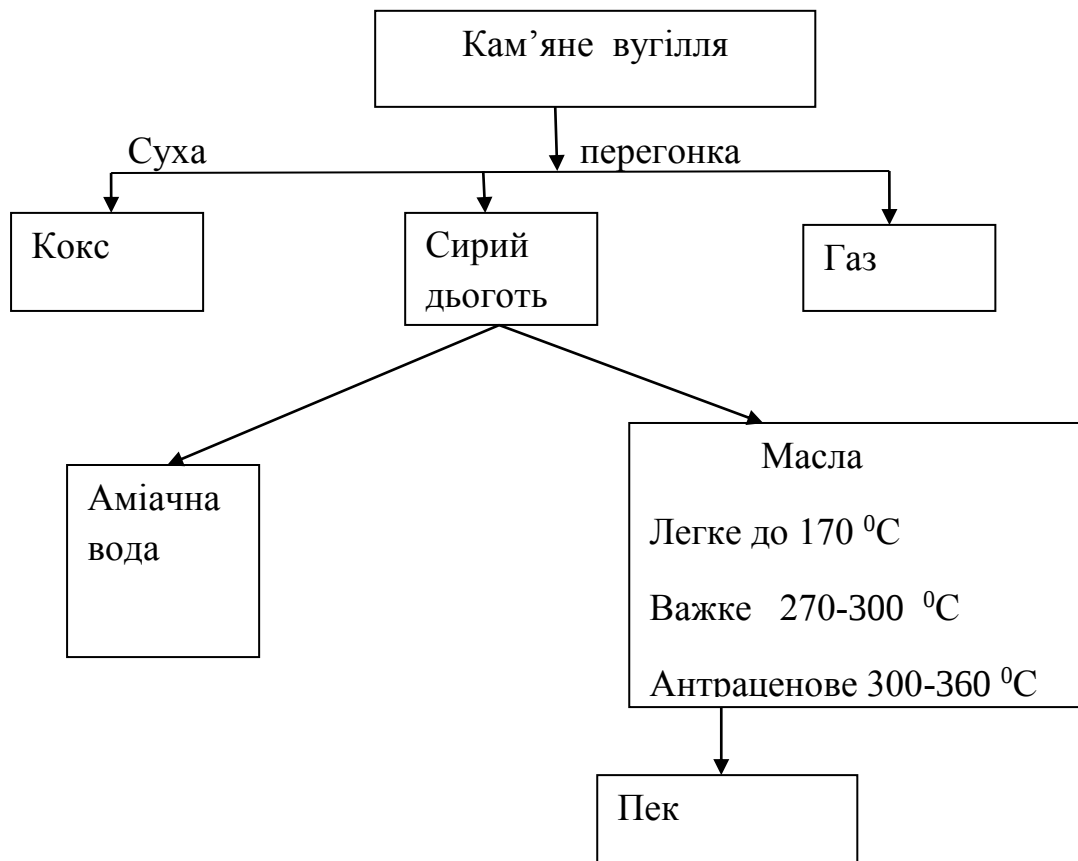
### **12. 3. Дьогтеві в'язучі речовини та їх властивості.**

**Дьогті** – це в'язкі рідини чорного чи бурого кольору, які складаються з вуглеводнів та їх сірчаних, азотних і кисневих похідних, одержаних конденсацією пароподібних продуктів, що утворюються при розкладанні органічних матеріалів в умовах високої температури без доступу повітря. За вихідною сировиною дьогті поділяють на кам'яновугільні, торф'яні, деревні та сланцеві, залежно від методу переробки сировини – на коксові та газові, а з урахуванням технології отримання – на сирі, відігнані та складні. У дьогтях міститься велика кількість ненасичених вуглеводнів ароматичного ряду, які піддаються окислювальній полімеризації при контакті з киснем та водою, впливу ультрафіолетових променів. Атмосферостійкість дьогтьових матеріалів нижча порівняно з бітумними. Нестійкість дьогтів до процесів старіння пов'язана з випаруванням легких складових з дьогтю навіть при слабкому нагріванні на сонці, а також з тим, що сполуки, які містяться в ньому, є ненасиченими і тому легко вступають в хімічну взаємодію з речовинами зовнішнього середовища, змінюючи свій склад і структуру, що призводить до появи тріщини, крихкості та втрати водовідштовхувальних властивостей.

Однак дьогті (порівняно з бітумами) внаслідок великого вмісту речовин з полярними групами, відзначаються підвищеною адгезією до інших матеріалів.

Вони мають вищу біостійкість, що пояснюється токсичністю фенолу, який міститься в їх складі. Дьогті використовують у тих самих галузях будівництва що й бітуми, але їхнє застосування більш доцільне там, де є загроза виникнення біокорозії.

Кам'яно вугільне дьогті отримують по наступній схемі.



При переробки 1 т вугілля отримують 700-750 кг коксу, 300-350 кг коксового газу, 12-15 л бензолу, біля 3 кг аміаку й 30-40 кг сирого дьогтю.

У зв'язку з тим, що використання бітумів та дьогтів засноване на їх властивості переходити при нагріванні з твердого стану в пластичний, а також з огляду на умови роботи покрівельних матеріалів, для бітумів та дьогтів згідно з ДСТУ передбачені такі показники якості:

- температура розм'якшення, що характеризує теплостійкість і ступінь розм'якшення бітумів при нагріванні (прилад «Кільце і куля» .
- твердість, знаходять за глибиною проникання в бітум голки приладу пенетрометра .
- розтяжність (дуктильність) характеризується абсолютним подовженням зразка бітуму при температурі 25 °C, встановленим на приладі дуктилометрі .

Перераховані вище властивості визначають марку бітумів, умовне позначення якої включає букви, що позначають застосування бітуму, і цифри, що характеризують його основні властивості. Наприклад, бітуми марки БН-90/10, БНК 90/40 – бітум нафтовий будівельний і покрівельний, температура розм'якшення 90°, твердість 10° і 40°, відповідно БНД -130/220- бітум нафтовий дорожній з температурою розм'якшення 130° і твердістю 220°. Далі пред-

ставлена табл., що містить основні вимоги, до будівельних і покрівельних бітумів.

Таблиця - Основні властивості та вимоги до нафтових бітумів різного призначення

| Марка бі-<br>туму                     | Темпера-<br>тура розм'-<br>якшення, за<br>"КіК", °С,<br>не менше | Глибина<br>проникнення<br>голки,<br>0,1мм, при<br>25 °С, не<br>менше | Розтяж-<br>ність, см,<br>при 25°С<br>(при 0°С) | Темпера-<br>тура крих-<br>кості, °С,<br>не нижче | Темпера-<br>тура спала-<br>ху, °С, не<br>нижче |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>Бітуми нафтові будівельні</b>      |                                                                  |                                                                      |                                                |                                                  |                                                |
| БН 50/50                              | 50                                                               | 41...60                                                              | 40                                             | не норму-<br>ється                               | 230                                            |
| БН 70/30                              | 70                                                               | 21...40                                                              | 3,0                                            | — " —                                            | 240                                            |
| БН 90/10                              | 90                                                               | 5...20                                                               | 1,0                                            | — " —                                            | 240                                            |
| <b>Бітуми нафтові покрівельні</b>     |                                                                  |                                                                      |                                                |                                                  |                                                |
| БНК-40/180                            | 37...44                                                          | 160...210                                                            | не норму-<br>ється                             | не норму-<br>ється                               | 60                                             |
| БНК-45/190                            | 40...50                                                          | 160...220                                                            | — " —                                          | — " —                                            | 60                                             |
| БНК-90/30                             | 85...95                                                          | 25...35                                                              | . " .                                          | -10                                              | 70                                             |
| <b>Бітуми нафтові дорожні в'язучі</b> |                                                                  |                                                                      |                                                |                                                  |                                                |
| БНД<br>200/300                        | 35                                                               | 201-300(45)                                                          |                                                | -20                                              | 220                                            |
| БНД<br>130/200                        | 40                                                               | 131-200(35)                                                          | 70 (6,0)                                       | -18                                              | 220                                            |
| БНД 90/130                            | 43                                                               | 91-130(28)                                                           | 65 (4,0)                                       | -17                                              | 230                                            |
| БНД 60/90                             | 47                                                               | 61-90(20)                                                            | 55(3,5)                                        | -15                                              | 230                                            |
| БНД 40/60                             | 51                                                               | 40-60(13)                                                            | 45(-)                                          | -12                                              | 230                                            |
| БН 200/300                            | 33                                                               | 201-300(24)                                                          | -(-)                                           | -14                                              | 220                                            |
| БН 130/200                            | 38                                                               | 131...200<br>(18)                                                    | 80(-)                                          | -12                                              | 230                                            |
| БН 90/130                             | 41                                                               | 91...130(15)                                                         | 80(-)                                          | -10                                              | 240                                            |
| БН 60/90                              | 45                                                               | 60...90 (10)                                                         | 70(-)                                          | -6                                               | 240                                            |
| <b>Бітуми нафтові ізоляційні</b>      |                                                                  |                                                                      |                                                |                                                  |                                                |
| ЕНИ-IV-3                              | 65..75                                                           | 30.-50(15)                                                           | 4                                              | не норму-<br>ється                               | 250                                            |
| БНИ-IV                                | 75...85                                                          | 24...40 (12)                                                         | 3                                              | — " —                                            | 250                                            |

|       |          |             |   |       |     |
|-------|----------|-------------|---|-------|-----|
| БНИ-V | 90...100 | 20...40 (9) | 2 | — " — | 240 |
|-------|----------|-------------|---|-------|-----|

#### 12.4. Матеріали на основі бітумів та дьогтей.

З огляду на специфічні властивості органічних в'язучих, бітуми і дьогті використовуються для одержання матеріалів і виробів спеціального призначення: гідроізоляційних, герметизуючих, антикорозійних і дорожніх.

Залежно від умов роботи будівельної конструкції застосовують різні види гідроізоляції з використанням бітумних матеріалів, у тому числі о к л е ю в а л ь н у і о б м а з у в а л ь н у.

Для виконання обклеювальної гідроізоляції застосовують рулонні покрівельні матеріали, що можуть бути о с н о в н и м и (руберойд, склоруберойд, фольго руберойд, гідроізол) і б е з о с н о в н и м и (ізол).

**Руберойд** – рулонний матеріал, що виготовляється шляхом просочення покрівельного картону розплавленим легкоплавким бітумом з наступним покриттям з одного чи обох сторін тугоплавким нафтовим бітумом. Залежно від призначення, руберойд підрозділяють на :

- **покрівельний** (влаштування верхнього шару покрівельного килиму);
- **підкладковий** (для нижнього шару покрівельного килиму і гідроізоляції будівельних конструкцій).

Руберойд випускають чотирьох марок: РКК-500А; РКК-500Б і В; РКМ-305Б і В; РПМ і РПП – 300А, Б; РКЧ-350 Б і В. У позначенні марки руберойду: букви К і П - призначення руберойду (покрівельний чи підкладковий); третя буква вказує на вид посипання (К- грубозерниста, М – дрібнозерниста, П - пилоподібна, Ч - луската). Число, що стоїть після буквені інформації, показує масу 1 м<sup>2</sup> покрівельного картону.

**Наплавлений руберойд** – покрівельний матеріал, який наклеюють, не застосовуючи покрівельної мастики, розплавленням потовщеного нижнього покрівельного шару. При цьому поліпшуються умови праці й підвищується її продуктивність.

**Склоруберойд** – рулонний покрівельний і гідроізоляційний матеріал. Одержують шляхом двостороннього нанесення бітумного в'язучого на скловолокнисте полотно. Застосовують для покрівельного килиму й обклеювальної гідроізоляції.

**Фольгоізол** - рулонний гнучкий і теплостійкий матеріал з тонкої рифленої алюмінієвої фольги, покритої з нижньої сторони шаром бітумно-гумового чи бітумну-полімерного сполучного, змішаного з мінеральним наповнювачами і антисептиком.

**Гідроізол** – безпокровний біостійкий рулонний матеріал, одержуваний

просоченням азбестового паперу нафтовим бітумом, застосовується для гідроізоляції підземних споруд і плоских покрівель.

**Ізол** – безосновний рулонний матеріал, який отримують у результаті прокатки в полотнину гарячої пластичної маси, що складається з бітуму і бітумно-полімерного в'язучого, наповнювача, дрібно молотих відходів гуми. Застосовується для паро- і гідроізоляції, має високу довговічність, міцність при розтягуванні, низьке водопоглинення, еластичний при негативних температурах.

**Пергамін** - рулонний покрівельний матеріал на основі картону, просоченого нафтовим бітумом з температурою розм'якшення 40 °С. Він є підкладковим матеріалом під руберойд і використовується для пароізоляції. Пергамін не має покривного шару бітуму і посипання.

**Лінкром** - покрівельний і гідроізоляційний матеріал для влаштування покрівель дахів із невеликим нахилом, а також для гідроізоляції фундаментів будівель і споруд. Складається з міцної основи, яка не гниє (склотканина, поліефірне полотно), на яку з обох сторін наносять бітумну масу. Нижня сторона лінкрому покрита легкоплавкою полімерною плівкою, верхня - плівкою або мінеральною посипкою. Гарантійний термін служби - більше 20 років.

**Уніфлекс** – рулонний покрівельний і гідроізоляційний матеріал, призначений для влаштування покрівельного килиму будівель та споруд різного призначення, гідроізоляції фундаментів, мостів, тунелів. Має основу зі склотканини, нетканого поліефірного полотна. З обох сторін покривається модифікованою полімерну-бітумною сумішшю (стирол-бутадієн, стирол-бітум). Міцність уніфлексу при розтяганні, в разі використання як основи склотканини, – до 8 МПа, склополотна - до 6 МПа, абсолютна водонепроникність, температура розм'якшення - + 100 °С. Модифікатором бітуму є каучук стирол-бутадієн-стирол (СБС).

**Толь** – рулонний матеріал, який одержують просоченням і покриттям покрівельного картону кам'яновугільними чи сланцевими дьогтем без посипання чи з посипанням мінеральною крихтою. Використовують як підкладковий матеріал для влаштування багатошарових покрівель, для паро- і гідроізоляції, для покрівель тимчасових споруд, гідроізоляції фундаментів.

Фарбувальна гідроізоляція виконується з використанням покрівельних і гідроізоляційних мастик.

**Мастиками** називають пластичні штучні суміші органічних речовин з мінеральними заповнювачами і добавками. Залежно від вихідного в'язучого мастики бувають:

- бітумними;
- бітумну-гумовими;

- дьогтьовими і т.д.

З метою полегшення нанесення мастики на поверхню, яку треба захистити, її розігрівають (гаряча мастика) або вводять органічний розчинник (холодна мастика). Найбільше застосування в будівництві для виконання покриттів і гідроізоляції будівельних конструкцій знайшли наступні мастичні склади: МБК-Г-55 (65, 75, 85, 100) – бітумна покрівельна гаряча з теплостійкістю 55-100 °С, МБР-Г-55 (65, 75, 85, 100) – бітумна з наповнювачем з гумової крихти; МББГ-90(80) – гаряча бітумну-каучукова. Холодні мастики, як правило, містять органічний розчинник, добре склеюють бітумні і рулонні матеріали між собою, приклеюють їх до погрунтованої основи. Найбільш поширена холодна бітумна мастика марки МБК-Х-1. До недоліків гарячих мастик належать їхня нестабільність, велика витрата енергії на виробництво, низькі експлуатаційні властивості при атмосферних впливах. При роботі з холодними мастиками випаровується шкідливий для здоров'я людини розчинник. У сучасному будівництві все більшу популярність здобувають бітумну-емульсійні мастики, що являють собою рівномірно розподілені у воді дрібні частки бітуму, покриті шаром твердого чи рідкого емульгатора. Ці мастики екологічно нешкідливі, гігієнічні, пожежу- і вибухобезпечні.

**Асфальтобетон** – штучний будівельний матеріал, одержуваний у результаті затвердіння ущільненої асфальтобетонної маси, що складається з ретельно перемішаних компонентів: щебеню, піску, мінерального порошку і бітуму. Асфальтобетон, що не містить великий заповнювач, називається **асфальторозчином**.

За видом великого заповнювача асфальтобетон поділяють на щебеновий і гравійний. Залежно від марки застосованого бітуму і температури укладання асфальтобетони поділяються – на гарячі (120 °С), теплі (70 °С), і холодні, приготовлені на рідких бітумах чи бітумних емульсіях, які укладають при температурі навколишнього середовища не нижче 5 °С.

Залежно від розміру зерен заповнювача гарячі й теплі асфальтобетони розділяють на грубозернисті – найбільший розмір зерен до 40 мм; дрібнозернисті – до 20 мм; піщані – з найбільшим розміром зерен до 5 мм.

**Асфальтові бетони** можна подати як суміш асфальтового розчину і великого заповнювача. Густина асфальтобетону — важлива характеристика. Звичайно пористість асфальтобетону складає — 5...7 %. Чим вище пористість, тим менше довговічність асфальтобетону, тому що при цьому зростає водопоглинення, знижується корозійна стійкість і морозостійкість (остання є головним фактором руйнування дорожніх покриттів). Щільні асфальтобетони (пористість < 5 %) практично водонепроникні і можуть застосовуватися як гідроізоляційний матеріал.

На відміну від бетонів на мінеральних в'язучих міцність асфальтових бетонів і розчинів помітно змінюється при коливаннях температури. Так, якщо при 20 °С міцність асфальтобетону складає 2,2...2,4 МПа, то при 50 °С — тільки 0,8...1,2 МПа. При цьому знижується модуль пружності і зростає повзучість асфальтобетону.

Асфальтові бетони більш стійкі до корозійних впливів, ніж цементні, але бояться впливу рідкого палива і масл. Зносостійкість асфальтових бетонів вище, ніж цементних. Асфальтові бетони і розчини застосовують для верхніх покриттів доріг, аеродромів, підлог промислових будинків, плоских покрівель, стяжок, а також у гідротехніці для створення гідроізоляційних шарів і екранів і заповнення компенсаційних швів.

### **Завдання для самостійної роботи.**

1. В якому вигляді зустрічається природний бітум і як його добувають?
2. Какові способи виробництва нафтових бітумів?
3. За показниками яких властивостей встановлюється марка твердих і в'язких бітумів?
4. Область застосування бітумів різних марок.
5. Що називають дьогтю і пеками і як їх отримують?
6. Склади і область застосування бітумних і дьогтьових емульсій і паст.
7. Які компоненти входять до складу асфальтового бетону?
8. Бітумні і дьогтьові покрівельні матеріали та їх властивості.
9. Що являють собою приклеєні і покривні мастики?
10. Які існують гідроізоляційні матеріали на тканинній і металевій основі?

## **Лекція 13. Матеріали та вироби з деревини.**

### **13. 1. Загальні відомості та будова деревини.**

За ступенем лісистості територію України ділять на три зони. До першої зони - найбільш лісистій відносяться Закарпатська область. До другої зони - з лісами місцевого значення - Вінницька, Житомирська, Хмельницька, Рівненська і Волинська. Третя зона - області з малою лісистістю, які споживають привізною ліс - решта областей.

Дереvinу з давніх часів широко застосовують у будівництві завдяки її значному поширенню та високим будівельно-технологічним властивостям: значній міцності при розтягу та стиску, невеликій густині, низькій теплопровідності, технологічності при обробці, гарному зовнішньому вигляду.

Деревина як будівельний матеріал має й ряд недоліків: неоднорідність

будови і, відповідно, властивостей, гігроскопічність, займистість, здатність до гниття тощо.

Зростаюче дерево складається з кореневої системи, крони і стовбура. Стовбур є основною і найбільш кошовною частиною дерева. З нього одержують від 60 до 90 % перероблюваної деревини.

За своєю будовою деревина є волокнистим, пористим матеріалом, що складається з живих і мертвих кліток, які забезпечують живильні, запасуючі і механічні функції.

Дерево складається з коріння, стовбура та крони. Стовбур є основною частиною дерева, саме від його будови залежить повноцінність деревини. **Макроструктура** – це будова деревини, що помітна неозброєним оком або при невеликому збільшенні. Вивчення макроструктури дає змогу встановити основні ознаки деревини, визначити її породу й прогнозувати фізико-механічні та інші властивості. Вивчають три основних розрізи стовбура: торцевий, або поперечний, перпендикулярний до осі стовбура; радіальний – уздовж стовбура і такий, що проходить через стрижень; тангенціальний – паралельний осі стовбура.

На поперечному розрізі стовбура видно кору, луб, камбій, заболонь, ядро і стержень.

**Кора** захищає дерево від зовнішніх впливів і складається з кірки та лубу.

**Камбій** — це тонкий шар клітин, більша частина їх відкладається в бік деревини, менша - у бік лубу.

**Заболонь** - це світла частина деревини, що складається з молодих клітин, по яких рухається волога з розчиненими в ній поживними речовинами. Заболонь у щойно зрубаному дереві має велику вологість, відносно легко загниває, має низьку міцність, велике усихання й схильність до короблення.

**Ядро** — це центральна, темніша частина деревини, яка складається з відмерлих клітин, просочених смолистими та дубильними речовинами. Ядро забезпечує міцність стовбура дерева. Ця частина дерева має меншу вологість, більшу стійкість щодо загнивання, вищу міцність та твердість.

**Стрижень** складається з великих та тонкостінних, слабо зв'язаних між собою дірчастих клітин. Стрижень і деревина, утворена в ранньому періоді, становлять стрижньову трубку. Ця частина стовбура є найслабшою, легко піддається загниванню. Розміри стрижня в листяних породах, як правило, більші, ніж у хвойних. У процесі росту дерева стінки клітин деревини внутрішньої частини стовбура, які прилягають до стрижня, постійно змінюють свій склад, дерев'яніють і просочуються у хвойних порід смолою, у листяних - дубильними речовинами. Рух вологи в цій частині стовбура припиняється, і вона стає міцною, твердою та стійкою до загнивання.

**Стрижневі промені** складаються з тонкостінних клітин, особливо помітних у дуба, бука, клена. Одні з них (первинні) починаються від стрижня і йдуть до кори, пронизуючи всю деревину в радіальному напрямі, інші (вторинні) виникають на різних відстанях від стрижня, але обов'язково доходять до ко-

ри. Деревина легко розколюється по стрижневих променях, по них же вона розтріскується при висиханні.

**Річні шари** (кільця) утворюються в період росту. Клітини ранньої деревини дірчасті, мають низьку механічну міцність, а клітини пізньої деревини — більш щільні та міцні. Чим більше утворилося пізньої деревини, тим вища її механічна міцність.

**Мікроструктура деревини** складається з живих та відмерлих клітин різної форми та величини. Оболонка клітини складається з целюлози, або клітковини ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>. У процесі росту клітини оболонка дерев'яніє, що пов'язано з появою лігніну, який надає деревині пружності та твердості.

Як встановлено дослідженнями, мікроструктура деревини листяних порід в порівнянні з хвойними має більш складну будову. У деревині листяних порід судинні та волокнисті трахеїди служать провідниками води з розчиненими в ній мінеральними речовинами. Цю ж функцію виконують і інші посудини деревини. Механічну функцію виконують волокна лібриформу і волокнисті трахеїди. Ці судини мають форму довгих вертикальних трубок, що складаються з окремих клітин з широкими порожнинами і тонкими стінками, причому судини в загальному обсязі листяної деревини займають від 12 до 55%. Найбільшу частину обсягу листяної деревини становлять волокна лібриформу як основна механічна тканина. Волокна лібриформу являють собою витягнуті клітини з загостреними кінцями, вузькими порожнинами і потужними стінками, що мають щільно видні пори. Волокнисті трахеїди, так само як і волокна лібриформу, мають товсті стінки і малі порожнини. Крім того, виявлено, що серцевинні промені листяної деревини об'єднують основну частину паренхімних клітин, причому обсяг цих променів може досягати 28-32% (цей показник відноситься до дубу).

**Хімічний склад** не залежить від породи дерева.

Органічне речовина абсолютно сухої деревини містить: вуглець-49, 5%, кисень-44, 2%, водень-6, 3% + домішки азоту.

Ці хімічні елементи утворюють в деревині складні з'єднання: целюлоза 48-56%, геміцелюлоза 23-26%, лігнін 26-30%. + Смоли і прочі.

### 13. 2. Основні властивості деревини.

Деревина всіх порід в основному складається з целюлози, у зв'язку з чим **істинну густину** деревини приймають рівної 1,54 г/см<sup>3</sup>. **Середня густина** коливається від 450 до 900 кг/м<sup>3</sup>.

**Вологість** — гігроскопічна (у стінках клітини), капілярна (у міжклітинному просторі). При висиханні спочатку випаровується капілярна, а потім гігроскопічна волога.

За вмістом вологи деревина буває:

- мокра  $W = 100\%$  і вище;
- свіжу зрубана  $W = 35 - 100\%$  ;
- повітряну суха  $W = 15 - 20\%$ ;
- кімнатна суха  $W = 8 - 13\%$ ;

- абсолютно суха  $W = 0\%$ , маса постійна;
- нормальна  $W = 12\%$  - стандартна вологість деревини.

**Усихання** – зменшення лінійних розмірів та об'єму деревини при видаленні з неї гігроскопічної вологи. Усихання щільних (важких) порід більше, ніж м'яких порід. Воно поділяється на

- лінійне, яке визначають впоперек волокон у тангентальному і радіальному напрямках, вздовж волокон усихання незначне;
- об'ємне усихання становить близько 12 – 15% і визначається за формулою:

$$U_v = \frac{av - a_0v_0}{av} 100\%,$$

де  $a, v$  – розміри поперечного перерізу при певній вологості;

$a_0, v_0$  – розміри у абсолютно сухому стані.

**Розбухання** – збільшення розмірів та об'єму сухої деревини чи виробів з неї при зволоженні до досягнення границі гігроскопічної вологи – точки насичення волокон (стілки деревних клітин потовщуються, розбухають).

**Короблення** – процес, що виникає внаслідок неоднакового усихання у різних напрямках. Усихання деревини у тангентальному напрямку, ніж у радіальному. Щоб запобігти коробленню і розтріскуванню дерев'яних виробів, слід використовувати дерево такої вологості, яка відповідала б умовам експлуатації.

**Теплопровідність** залежить від породи, напрямку волокон, вологості. Наприклад, сосна при вологості 15% має коефіцієнт теплопровідності  $\lambda = 0,17$  Вт/мК впоперек волокон;  $\lambda = 0,35$  Вт/мК вздовж волокон; дуб при вологості 15% -  $\lambda = 0,45$  Вт/мК вздовж волокон;  $\lambda = 0,22$  впоперек волокон. При підвищенні вологості теплопровідність зростає.

**Міцність** – здатність чинити опір зовнішнім впливам. Залежить від породи деревини, наявності вад, вологості, місця визначення по стовбуру. Міцність при стиску визначається на призмах розмірами 20 x 20 x 30 мм при вологості 12% і 15%. Міцність деревини вздовж волокон у 4 – 6 разів вища за міцність упоперек волокон. При підвищенні вологості від 0 до 30% міцність деревини знижується, але подальше підвищення вологості на міцність не впливає.

Границю міцності перераховують на вологість 12% за формулою:

$$R_{12} = R_W [1 + \alpha(W - 12)],$$

де  $R_{12}$  – границя міцності при 12% вологості;

$R_W$  - границя міцності при певній вологості  $W$ ;

$\alpha$  - поправний коефіцієнт на вологість, становить 0,05 для берези, сосни, кедра, модрина; і  $\alpha = 0,04$  для дубу, ялини, ялиці і решти листяних порід.  $R_{ст} = 40-70$  МПа.

**Міцність при розтягу** вздовж волокон у 20 – 30 разів вища, ніж впоперек волокон, у 2 – 3 рази вища, ніж міцність при стиску (70-170

МПа). Ці показники близькі до цих же характеристик сталі, склопластиків, але вади деревини (сучки, тріщини) не дають можливості реалізувати цю властивість і знижують міцність. Для хвойних порід міцність мало залежить від вологості. Міцність при розтягу листяних порід знижується з ростом вологості.

**Міцність при вигині** більша від границі міцності при стиску вздовж волокон і нижча від границі міцності при розтягу і становить близько 50 – 100 МПа, тому дерево застосовують для виготовлення згинальних елементів (балок, крокв, брусів тощо).

**Міцність при сколюванні** вздовж волокон 3 – 13 МПа, впоперек волокон у 3 – 4 рази менше.

**Твердість** (статична) відповідає навантаженню, яке потрібне для втискання у поверхню зразка половини стандартної металевої кульки на глибину 5,64 мм (площа відбитка становитиме 1 см<sup>2</sup>). На торці твердість завжди більша, ніж у радіальному чи тангентальному напрямку. За твердістю деревина поділяється на 3 групи:

- м'яка – торцева твердість 35 – 50 МПа (сосна, ялина, ялиця, вільха);
- тверда – торцева твердість 50 – 100 МПа (дуб, граб, клен, ясен, каштан, береза);
- дуже тверда – торцева твердість понад 100 МПа (самшит, кизил).

Зі зростанням твердості у деревини нарастає зносостійкість, але утруднюється обробка.

### 13. 3. Вади деревини.

**Вади деревини** поділяються на

- відхилення від нормальної будови;
- пошкодження;
- захворювання.

Вони утворюються у процесі росту дерева або під час сушіння, зберігання та експлуатації.

**Тріщини** – розриви деревини уздовж волокон. Вони порушують цілісність деревини, знижують сорт (навіть до непридатності у будівництві). Бувають

- міткові – тріщини внутрішні, поздовжні, проходять через стрижень, але не до країв, виникають під час росту дерева і зростають при висиханні;
- **відлупини** - внутрішні тріщини, по річному кільцю і ростуть при висиханні, спричиняються морозом. Можуть бути кільцеві і часткові. Характерні для дубу, осики, ялини, тополі;
- морозні тріщини (морозобоїни) – зовнішні поздовжні тріщини, розширюються до периферії, звужуються до стрижня. Виникають взимку при низьких температурах у товстих стовбурах листяних порід – дубу, бука, ясена, горіха;

- тріщини всихання – виникають у деревині всіх порід від поверхні колоди всередину.

**Сучки** – частини гілок, що містяться в деревині живих чи відмерлих за життя дерев. Це найпоширеніша і неминуча вада дерев. Сучки порушують однорідність, утруднюють обробку пиломатеріалів, знижують міцність. За формою поділяються на

- округло-овальні;
- зшивні сучки (вклинюються в деревину);
- лапчасті (у сосни та інших хвойних).

У пиломатеріалах зустрічаються сучки

- наскрізні і
- ненаскрізні.

За ступенем зростання деревини сучка і стовбура розрізняють такі:

- тверді, які не зрослися;
- частково зрослися (зросли і не вийшли на поверхню);
- не зрослися (можуть випасти, швидко загнивають);
- пасинки – тверді сучки, які значно проникли у стовбур (відмерла друга вершина).

**Пошкодження грибами, гниллю.** Внаслідок біологічних процесів спричинених життєдіяльністю найпростіших – грибів на неростучій деревині. Гриби виділяють ферменти, які перетворюють целюлозу ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub> у глюкозу  $C_6H_{12}O_6$  розчинну у воді і сприятливе середовище для подальшого розвитку грибів. Глюкоза у присутності кисню повітря розкладається на вуглекислий газ і воду. Деревина змінює колір, знижується її маса, утворюються тріщини, міцність знижується, деревина розпадається. Гриби розвиваються при температурі 20 – 70°C і вологості понад 20%. Зі зміною умов процес може припинитися, але при поверненні знову до сприятливих умов спора гриба оживає і процес продовжується.

**Пошкодження комахами** може бути поверхнєве, неглибоке, глибоке, наскрізне. Це ходи і отвори, пророблені в деревині комахами, в основному личинками комах. Найсприятливіша погода для цього – температура 18 – 24°C і вологість 60 – 80%.

**Вади будови:**

- *нахил волокон* – відхилення волокон від поздовжнього напрямку – осі колоди, що знижує міцність, збільшує усихання, погіршує механічну обробку;
- *завилькуватість* – звивисте чи безладне розміщення волокон, міцність знижує, проте границя міцності при сколюванні зростає, створює гарну текстуру, цінується в декоративній обробці;
- *завиток* – місцеве викривлення волокон навколо сучків;
- *крен* – ненормальний посилений розвиток пізньої деревини (у похилих, викривлених стовбурів дерев);

- *засмолок* – ділянка густо просочена смолою, утворена внаслідок поранення стовбура хвойних порід, це сприяє стійкості до загнивання, проте гірше обробляється і склеюється;
- *прорість* – омертвіла ділянка деревини чи кори, яка частково чи повністю заросла у стовбурі, викликає викривлення річних кілець;
- *сухобокість* – зовнішнє однобічне омертвіння стовбура внаслідок механічного впливу. Внаслідок цього змінюється правильна форма дерева, знижується вихід пиломатеріалів.

*Вади форми стовбура:*

- *збіжистість* – діаметр стовбура зменшується на 1 см і більше на кожен метр довжини;
- *закомелистість* – різке збільшення діаметра нижньої частини стовбура;
- *овальність* – у стовбурі відношення більшого діаметру до меншого;
- *кривина* – викривлення стовбура по довжині.

### 13.4. Сушіння деревини.

Сушіння деревини це процес видалення вологи з деревини. При зниженні вологості міцність деревини зростає, знижується густина та коефіцієнт теплопровідності. Із сухої деревини клеєні вироби є міцнішими. Остаточна вологість деревини для виготовлення меблів – 7 – 8%; столярних виробів – 10 – 12%; будівельних матеріалів для зовнішніх робіт – 15 – 20%.

*Природне сушіння* - у природному атмосферному повітрі, яке не прогрівається. Процес тривалий – до кількох тижнів, нерегульований але простий і незатратний.

*Штучне сушіння* – у сушильних камерах гарячим повітрям, газом. Засноване на конвекційному способі передавання теплоти. Процес сушіння швидкий (кілька днів), не залежить від пори року.

*Сушіння у рідині*, яка називається *петролатум*. Деревина занурюється у підігріту рідину. Сушіння триває кілька годин. Матеріал при цьому не розтріскується, не коробиться.

*Діелектричне сушіння* відбувається внаслідок нагрівання деревини струмом великої частоти. Такий підігрів відбувається відразу і за всім об'ємом. Електроенергія перетворюється на теплоту, нагріває деревину і сприяє випаровуванню вологи. Термін сушіння істотно скорочується, проте вартість такого способу найвища.

*Комбінований спосіб* поєднує основне газоповітряне сушіння у камерах з іншим – атмосферним – на повітрі.

### 13.5. Захист деревини від гниття та займання.

Запобігти загниванню можна двома різними шляхами *конструктивними заходами* – вберегти від зволоження (ізолювати від бетону, цегли, каменю, влаштувати отвори для провітрювання, захистити від атмосферних опадів) або *просоченням деревини* спеціальними хімічними засобами – *антисептиками* – хімічними речовинами, які вбивають грибні спори, або створюють несприятливе середовище для їх життя.

Вимоги до антисептиків:

- вбивати грибні клітини;
- легко просочуватись у деревину,
- фізична та хімічна стійкість;
- безпечність для здоров'я людини;
- пожежна безпека;
- відсутність неприємного запаху;
- не знижувати якості деревини;
- бути дешевими і недефіцитними.

Розчинні у воді антисептики – *фторид натрію, мідний купорос, залізний купорос, кремнефторид натрію*. Дезінфікуючі розчини – 15% розчин мідного купоросу; 10% розчин залізного купоросу; 5% розчин хлориду цинку; 10% розчин кухонної солі і хлорного вапна.

Нерозчинні у воді маслянисті антисептики (добре вбивають гриби, добре проникають у дерево, довго зберігаються, не вимиваються водою, неприємний запах) – креозот, креозотова олива, кам'яновугільна смола.

Кристалічні антисептики - у воді нерозчинні, а розчиняються у гасі, скипидарі – технічний оксиди феніл, пентохлорфенол.

Способи антисептування:

1. Нанесення на поверхню розчину, пасти.
2. Поверхнєве випалювання.
3. Занурення у розчин.
4. Послідовне занурення у гарячу та холодну ванну з антисептиком.

### **Захист від займання**

Деревина – горючий матеріал. При температурі 120 – 150<sup>0</sup>С обвуглюється, при 250 – 300<sup>0</sup>С займається, при 350<sup>0</sup>С горять самостійно газу, які виділяються з деревини, навіть при відсутності джерела вогню.

*Конструктивні заходи:*

1. Віддалення дерев'яних конструкцій від джерел нагрівання.
2. Застосування неспалимих футеровок з цегли, бетону.
3. Покриття шаром мало теплопровідного матеріалу мінерального походження (азбест, азбестоцемент, пориста штукатурка).

*Просочення антипіренами* – вогнезахисними сполуками – пастами, фарбами на основі фосфорнокислого чи сірчистого амонію, бури, борної кислоти. При підвищенні температури вони плавляться і перекривають доступ кисню.

### 13. 6. Матеріали та вироби з деревини.

#### *Пиломатеріали*

| №  | Назва пиломатеріалу   | Характеристика                                                                                                                                                                              |
|----|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Колода                | Довжина понад 4 м, діаметр понад 14 см                                                                                                                                                      |
| 2  | Підтоварник           | Довжина понад 3 м, діаметр 8 – 14 см                                                                                                                                                        |
| 3  | Жердина               | Діаметр 3 – 8 см                                                                                                                                                                            |
| 4  | Пластина              | ½ частина колоди                                                                                                                                                                            |
| 5  | Чвертка               | ¼ частина колоди                                                                                                                                                                            |
| 6  | Двокантовий брус      | Обрізана з двох боків колода, розміри поперечного перерізу не менші за 100 мм                                                                                                               |
| 7  | Чотирикантовий брус   | Обрізана з чотирьох боків колода, розміри поперечного перерізу не менші за 100 мм                                                                                                           |
| 8  | Шпала                 | Обрізана пластина, розміри поперечного перерізу не менші за 100 мм                                                                                                                          |
| 9  | Обапіл (горбиль)      | Обрізана частина колоди                                                                                                                                                                     |
| 10 | Необрізна дошка       | Товщина по окрайку до 100 мм, ширина пласті не менша двох товщин. Необрізний край = обзел                                                                                                   |
| 11 | Обрізна дошка         | Товщина до 100 мм, ширина не менша двох товщин.                                                                                                                                             |
| 12 | Брусок                | Товщина 80 – 100 мм, ширина не більша за дві товщини                                                                                                                                        |
| 13 | Шпон                  | Тонкий (0,3 мм) лист деревини                                                                                                                                                               |
| 14 | Фанера                | Клеєний листовий матеріал з трьох і більше листів шпону, розташованих взаємно перпендикулярно. Товщина 1,5 – 18 мм. Довжина 1,5 – 7,8 м, ширина 0,725 – 1,5 м.                              |
| 15 | Шпунтовані дошки      | Дошки з пазами (шпунтами) і виступами (гребенями) на бокових гранях                                                                                                                         |
| 16 | Погонажні матеріали   | Плінтуси, галтелі, наличники, поручні, паркет                                                                                                                                               |
| 17 | Покрівельний матеріал | Гонт – клиноподібні дощечки (ялинові, соснові) з поздовжнім пазом у грубому краї. При влаштуванні даху вузький край однієї вставляється в паз іншої. Довжина 50–60 см, ширина близько 10см. |

#### *Паркетні вироби:*

*штучний паркет* – окремі паркетні планки певних розмірів, шпунтовані; виготовляють з твердих порід – дуб, ясен, бук, клен, береза, граб. Прості у виготовленні, але великі трудовитрати при вкладанні, значна витрата твердої деревини;

*паркетні дошки* – на рейкову основу наклеєні паркетні планки, завтовшки 6 – 8 мм. Розміри: довжина 1,2 – 3 м, ширина 150 – 175 мм. Спостеріга-

ється економія твердих порід деревини, скорочення трудовитрат на влаштування підлоги;

*паркетні щити* – основа з брусків і рейок, на яку наклеєні планки фенолформальдегідними клеями. Розміри 400 x 400 мм, 800 x 800 мм;

*мозаїчний паркет* – має вигляд килима, набраний з планок однакової товщини але різного розміру та кольору. Наклеюється лицьовою поверхнею на папір.

*Столярні вироби*: віконні, дверні блоки з заповненням, перегородки, панелі. Щитові двері – дерев'яна рамка, заповнена суцільним чи дрібнопустотним заповнювачем і з обох боків облицьована пшоном, фанерою, ДВП.

*Фанера* – листовий матеріал, склеєний з 3-х і більше листів шпону. Шпон у шарах розташований взаємно перпендикулярно. Така будова дає міцність однакову в усіх напрямках, хорошу гнучкість, незначне короблення. Товщина фанери 1,5 – 18 мм, довжина листа 1525 – 2400мм, ширина – 725 – 1525 мм. Виготовляють з берези, сосни, бука, вільхи. Декоративна фанера облицьовується плівковим покриттям, використовується для оздоблення стін, перегородок, дверей, вбудованих меблів. Бакелізована фанера виготовляється з березового шпону, покритого синтетичною смолою. Має високу водостійкість, міцність, морозостійкість. Використовується для виготовлення опалубки, конструктивних елементів.

*Деревостружкові плити (ДСП)* – листовий або плитковий матеріал, виготовлений методом гарячого пресування 80% деревної стружки з 15 – 20% емульсії, яка включає полімерні смоли (карбамідні, фенольні), антипірені, антисептики, гідрофобізатори. Використовують для влаштування підлог, облицювання стін і влаштування перегородок, дверних полотн, вбудованих меблів

*Деревоволокнисті плити (ДВП)* виготовляють методом гарячого пресування з деревоволокнистої маси, фенолформальдегідної смоли 4 – 5%, антипірену, антисептика, гідрофобізатора. У рубальних машинах відходи деревини перетворюються на щепки, пропарюються, розпушуються на окремі волокна. Використовують як оздоблювальний, теплоізоляційний матеріал для стін, стель. Можуть бути офактурений полімерними плівками, текстурним матеріалом, деревним пшоном.

*Клеєні дерев'яні конструкції* виготовляють з невеликих дерев'яних заготовок на високоміцних полімерних клеях. Клеєні конструкції мають високу міцність, водостійкість, біологічну та вогнестійкість. Так виготовляють віконні, дверні коробки, дверні полотна, балки, прогони, ферми.

*Цементно-стружкові плити (ЦСП)* – міцний листовий матеріал, виготовлений із тонкої стружки, портландцементу, мінералізатора. Стружку виготовляють з тонкомірної деревини хвойних порід, відходів пиляння деревини, без кори, витриманої при температурі вище 0<sup>0</sup>С не менше 3-х місяців для зниження вмісту водорозчинних цукрів, що негативно впливають на цемент. Ці плити важко спалити, біостійкі, легко пиляються, кріпляться, обробляються.

Їх використовують для панелей, перегородок, плит покриття, підвісних стель, підлог, лоджій, підвіконь.

*Тирсо бетон* виготовляють з тирси (фракцій 1,5 – 5,0 мм) хвойних порід, піску чи дрібного гравію, портландцементу, мінеральних добавок (глина, трепел, опока). Густина тирсо бетону 900 – 1200 кг/м<sup>3</sup>. Міцність при стиску 0,8 – 2,8 МПа. Використовують як термоізоляційний матеріал для трубопроводів, утеплювач у перекриттях, стіновий матеріал у малоповерховому будівництві.

*Короліт* виготовляють з кори дерев та мінеральних в'язучих (гіпс, цемент). Міцність короліту – 1,5 – 3,5 МПа, коефіцієнт теплопровідності 0,14 – 0,16 Вт/мК. Використовують у малоповерховому будівництві для влаштування несучих стін і перегородок, як утеплювач стін, підлог.

*Арболіт* – легкий бетон, наповнювач – деревні відходи. Матеріал легкий, теплоізоляційний, звукоізоляційний, має хорошу біостійкість та вогнестійкість, гвоздимий, легко обробляється.

*Фіброліт* - декоративний акустичний матеріал для ізоляції стін, перекриті. Виготовляється з тонкої деревної стружки хвойних порід і портландцементу або стружки листяних порід на магнезійних в'язучих.

*Ксилоліт* виготовляють з тирси, магнезійних в'язучих, хлористого магнію, пігментів. Використовують для влаштування підлог у житлових, громадських та виробничих будівлях з підлогами, що не перебувають у зволоженому стані.

### **Завдання для самостійної роботи.**

- 1.Макроструктура деревини.
- 2.Мікроструктура і хімічний склад деревини.
- 3.Основні властивості деревини.
- 4.Основні пороки деревини.
- 5.Значення коефіцієнта теплопровідності деревини.
- 6.Область застосування деревини в будівництві.
- 7.Види лісоматеріалів.
- 8.Види матеріалів і виробів одержувані з відходів деревини.
- 9.Способи захисту деревини від гниття і займання.
- 10.Преїмущество і недоліки деревини як будівельного матеріалу.

## **Лекція 14. Теплоізоляційні матеріали .**

### **14. 1.Загальні відомості та класифікація теплоізоляційних матеріалів.**

*Теплоізоляційними називають* будівельні матеріали, які мають малу теплопровідність і призначені для теплової ізоляції будівельних конструкцій житлових, виробничих і сільськогосподарських будівель, поверхонь виробничого обладнання та агрегатів (промислових печей, турбін, трубопроводів,

камер холодильників та ін.). Ці матеріали мають невелику середню щільність - не вище 600 кг /м<sup>3</sup> що досягається підвищенням пористості.

У будівництві теплова ізоляція дозволяє зменшити товщину огорожувальних конструкцій (стін, покрівлі), знизити витрату основних матеріалів (цегли, бетону, деревини), полегшити конструкції і знизити їх вартість, зменшити витрату палива в експлуатаційний період. У технологічному та енергетичному обладнанні теплова ізоляція знижує втрати теплоти, забезпечує необхідний температурний режим, знижує питома витрата палива на одиницю продукції, оздоровлює умови праці. Щоб отримати достатній ефект від застосування теплової ізоляції, в інженерних проектах проводяться відповідні теплові розрахунки, в яких приймаються конкретні різновиди теплоізоляційних матеріалів і враховуються їх теплофізичні характеристики. Ці заходи дозволяють успішно вирішувати проблему економії паливно-енергетичних ресурсів.

Теплоізоляційні матеріали класифікують за структурою, формою і зовнішнім виглядом, виду вихідної сировини, середньої щільності, жорсткості (стисливості або залишкової деформації стиснення), теплопровідності, займистості .

**За структурою** теплоізоляційні матеріали підрозділяють на волокнисті (мінераловатні, скловолокнисті плити); зернисті (спучені перліт і вермикуліт, асбозуріт); пористі (совіліт і вулканітові плити, вироби з пористих бетонів, піноскло, пінопласт).

**За формою і зовнішньому** вигляду теплоізоляційні матеріали та вироби поділяють на *штучні* (плити, блоки, цеглу, циліндри, напівциліндри, сегменти); *рулонні і шнурові* (мати, шнури, джгути); *пухкі й сипучі* (мінеральна і скляна вата, перлітовий пісок і ін.).

**По виду вихідної сировини** теплоізоляційні матеріали ділять на *неорганічні* (мінеральна вата і вироби з неї, скляне волокно і вироби з нього, азбест і азбестовмісної матеріали, спучений перліт і вермикуліт, діатоміт, трепел, пористі матеріали, алюмінієва фольга) і *органічні* (торф'яні вироби, деревино-волокнисті плити, теплоізоляційні пластмаси-пінопласт і поропласти).

**В залежності від щільності** теплоізоляційні матеріали ділять на марки: особливо легкі (ОЛ) з марками Д 15, 25, 35, 75 і 100; легкі (Л) - Д 125, 150, 175, 200, 250, 300 і 350; важкі (Т) - Д 400, 450, 500 та 600.

**Залежно від жорсткості** (залишкової деформації стиснення) матеріали поділяють на такі види: *м'які* (М) - відносний стиск більше 30%, *напівтверді* (П) - відносний стиск 6-30%, *жорсткі* (Ж) - відносний стиск до 6% при питомій навантаженні 196 кН /м<sup>2</sup> (жорсткі плити з мінеральної вати на синтетичному або бітумному сполучному).

**За теплопровідності при 25 ° С** теплоізоляційні матеріали поділяють на три класи: А - *низької* теплопровідності - до 006 Вт /(м- ° С); Б - *середньої* теплопровідності - понад 006 до 0115 Вт /(м- ° С); В - *підвищеної* теплопровідності - понад 0115 до 175 Вт /(м- ° С).

## 14. 2. Органічні теплоізоляційні матеріали.

**Комишит і комишитові плити** отримують із стебел очерету і очерету шляхом пресування і скріплення сталевий дротом поперек стебел. Застосовують для заповнення каркасних стін і перегородок.

Комиш є рослинною речовиною, за хімічним складом він близький до деревини. Комишитові плити виготовляють довжиною 2400-2600 мм, шириною 550-1500 мм, товщиною 30-100 мм.

Залежно від ступеня підпресування середня щільність плит коливається в межах 175-250 кг /м<sup>3</sup> при теплопровідності від 0,055 до 0,095 Вт / (м·К). З теплоізоляційних матеріалів комишит найбільш дешевий, але менш вогнестійкий, хоча, будучи спресованим, він не горить відкритим полум'ям, але може тривалий час тліти. Його істотні недоліки - схильність псування гризунами, загниваємося. Необхідно штукатурити комишитові стіни і перегородки з обох сторін. У сухих умовах ці плити в конструкціях відносяться до довговічних матеріалів. Як антисептируюча речовина використовують фтористий натрій, кремнефтористий амоній і ін.

**Торф'яні теплоізоляційні плити**, шкаралупи і сегменти виробляють з слаборозложившийся торфу, що зберіг волокниста будова. З цією метою торф'яну масу доводять змішанням до однорідного стану з додаванням (або без додавання) антисептиків, антипіренів, гідрофобізаторів, заповнюють нею металеві форми і пресують.

Відпресовані вироби піддають тепловій обробці при температурі 120-150 ° С. У процесі теплової обробки з торфу виділяються смолисті речовини, які склеюють волокна без внесення будь-яких додаткових в'язучих речовин. Розміри плит 1000 x 500 x 30 мм (випускаються плити шириною і 1000 мм), а марки за середньою густиною рівні: 170-200, 230-260 що забезпечує величину теплопровідності в межах 0,052-0,075 Вт / (м·К), а межа міцності при вигині - не менш 04 МПа.

Торф'яні плити застосовують для утеплення стін і перегородок в будівлях III класу, а також для ізоляції поверхонь промислового обладнання і трубопроводів при температурах в межах 0т -60 до + 100 ° С, проте слід враховувати їх високу гігроскопічність і водопоглинення.

**Повстяні матеріали** виготовляють з грубої кінської або коров'ячої шерсті з домішкою лляної клоччя. Пакілля являє собою сплутана волокно, що отримується як відхід при митті і тіпання льону. У м'якій клоччю допускається невеликий вміст багаття, але не повинно бути гнильного запаху. Вовняний повсть випускають у вигляді прямокутних полотнищ довжиною 1-й 2 м, шириною 1 м при товщині 10 і 15 мм. Його середня щільність 100-300 кг /м<sup>3</sup> теплопровідність 0,045-0,065 Вт / (м·К). Повсть використовують при утепленні стін і стель, поміщаючи його під штукатурку, яку влаштовують по дерев'яній драпі, при утепленні віконних і дверних коробок, зовнішніх дверей і кутів в рубаних будинках.

**Деревоволокнисті плити** - різновид ІБК, виготовляються з відходів дров'яної деревини шляхом її подрібнення в рубальною машині і розщеплення в

дефібратора в волокнисту масу. До деревної маси додають поліпшують, наприклад гідрофобізуючі (парафінова емульсія) або антисептируючі, речовини і з неї відливають плити. Їх пресують і сушать при температурі до 165-180 °С.

Залежно від технологічних особливостей виготовлення деревоволокнисті плити поділяють на надтверді, тверді, напівтверді і м'які, а також тверді плити оздоблювальні, мають різне призначення. Тверді плити мають середню густину не менше 850 кг /м<sup>3</sup> а міцність на вигин - не менше 3,5-4 МПа. Для теплоізоляції використовують м'які плити із середньою щільністю не більше 150-350 кг /м<sup>3</sup> з теплопровідністю не більше 0,064-0,1 Вт /(мк) (в сухому стані). Розмір м'яких плит: довжина 1200-3000 мм, ширина 1200-1700 мм, товщина 8,12,16 і 28 мм, межа міцності при вигині не менше 0,4; 1,2; 2,0 МПа (відповідно для марок М-4 М-12 М-20).

**Деревино стружечка плита** (ДСП) отримують шляхом гарячого пресування деревної стружки, спеціальних добавок і смол немінерального походження. Сировиною для ДСП служить малоцінна деревина (відходи деревообробки та фанерного виробництва). Експлуатаційні властивості ДСП залежать від щільності, форми та розміру деревних частинок.

Довжина по стандарту може мати наступні значення: 1830, 2040, 2440, 2500, 2600, 2700, 2750, 2800, 2840, 3220, 3500, 3600, 3660, 3690, 3750, 4100, 5200, 5500, 5680. Ширина буває наступної: 1220, 1250, 1500, 1750, 1800, 1830, 2070, 2135, 2440, 2500. Товщина не менш 5 мм. Усі значення наведено в міліметрах.

Бувають плити з дуже малої густини (350-450 кг / м<sup>3</sup>), малої густини (450-650 кг / м<sup>3</sup>), середньої густини (650-750 кг / м<sup>3</sup>) та високої густини (700-800 кг / м<sup>3</sup>).

Шліфоване ДСП застосовують для будівництва та ремонту, воно немає будь-якого покриття, тобто обидві сторони нічим не відрізняється одна від одної.

Плюси ДСП: дешевий матеріал, що широко застосовується для меблів економ класу; добре піддається механічній обробці, легко склеюється і фарбується. Мінуси ДСП: швидко насичується вологою; погано утримує кріпильні матеріали, особливо при повторному ремонті; через свою рихлість легко піддається деформації; містить токсичні смоли.

#### **14. 3. Неорганічні теплоізоляційні матеріали.**

Неорганічні теплоізоляційні матеріали і вироби виготовляють на основі мінеральної сировини (гірських порід, шлаку, скла, азбесту). До цієї групи відносять: мінеральну, скляну вату та вироби з них, деякі види легких бетонів на пористих заповнювачах (спученому перліті і вермикуліті), комірчасті теплоізоляційні бетони, піноскло, азбестові і азбестовмісні матеріали, керамічні та ін. Ці матеріали мало гігроскопічні, вогнестійкі, не піддаються загнивання. Їх використовують як для утеплення будівельних конструкцій, так і для ізоляції гарячих поверхонь промислового обладнання і трубопроводів.

**Мінеральна вата і вироби з неї** за обсягом виробництва посідає перше місце серед всіх теплоізоляційних матеріалів.

**Мінеральна вата** складається зі штучних мінеральних волокон.

Виробництво мінеральної вати включає дві основні технологічні операції - отримання розплаву і перетворення його в найтонші волокна. Для отримання розплаву застосовують, як правило, шахтні плавильні печі - вагранки або ванні печі. Перетворення розплаву в мінеральне волокно виробляють дуттєвих або відцентровим способами.

При дуттєвой способі виходить з печі розплав розбивається на дрібні крапельки струменем пари або повітря, які вдуваються в спеціальну камеру і в польоті сильно витягуються, перетворюючись в тонкі волокна діаметром від 2 до 20 мкм.

При відцентровому способі струмінь рідкого розплаву надходить на що швидко диск центрифуги і під дією великої окружної швидкості скидається з нього і витягується в волокна. Об'ємна маса мінеральної вати - 75-150 кг / м<sup>3</sup>, теплопровідність 0,042-0,046 Вт / (м • К). Вата не горить, не гниє, її не псує гризуни, вона мало гігроскопічна, морозостійка і температуро стійкість. Мінеральну вату застосовують для теплоізоляції як холодних (до -200 ° С), так і гарячих (до +600 ° С) поверхонь, частіше у вигляді виробів: повсті, матів, напівжорстких і жорстких плит, шкаралуп, сегментів. Іноді вату використовують як теплоізоляційної засипки пустотілих стін і перекриті, для чого її гранулюють, тобто перетворюють в пухкі грудочки в обертовому дірчастим барабані.

**Мінеральний повсть** випускають у вигляді листів і рулонів з мінеральної вати, злегка просоченої дисперсіями синтетичних смол і спресованої. Середня густина - 100-150 кг / м<sup>3</sup>, теплопровідність - 0,046-0,052 Вт / (м-К). Листи і полотнища мінерального повсті довжиною 100-300 см, шириною 275-125 см, товщиною 3-6 см застосовують для утеплення стін перекриті у цегляних, бетонних і дерев'яних будинках.

**Мінераловатні мати** представляють собою мінераловатний килим, укладений між **битумунізована** папером, склотканиною або металевою сіткою, прошитий міцними нитками і тонким дротом. Довжина матів - від 60-120 але 500 см, ширина - від 30-100 до 150 см, товщина - від 3 до 10 см. Середня густина матів-100-200 кг / м<sup>3</sup>, теплопровідність - від 0,046 до 0,058 Вт / (м-К).

Мати застосовують для теплоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і громадських будівель, їх використовують також для утеплення свіжа укладений бетонів і розчинів при будівництві в холодну пору року.

**Мінераловатні напівтверді плити** виготовляють з мінерального волокна

шляхом нанесення на нього розпиленням сполучного (синтетичних смол або бітуму) з наступним пресуванням і термообробкою для сушіння або полімеризації. Середня густина плит в залежності від виду зв'язуючого і ущільнення - 75-300 кг / м<sup>3</sup>, теплопровідність - 0,046-0,069 Вт / (м·К).

Напівжорсткі вироби застосовують для теплоізоляції огорожувальних конструкцій будівель і гарячих поверхонь обладнання при температурі до 200-300 ° С, якщо вироби виготовлені на синтетичному зв'язуючому, і до 60 ° С - на бітумному сполучному.

*Мінераловатні жорсткі вироби* отримують змішуванням мінеральної вати з бітумною емульсією або синтетичними смолами з подальшим формуванням, пресуванням і прогріванням відформованих виробів для їх сушіння або полімеризації. Мінераловатні жорсткі плити виготовляють довжиною 1 м, шириною 0,5 і товщиною 4, 5, 6 см. Жорсткі плити ділять на марки від 150 до 400 кг / м<sup>3</sup>. Теплопровідність плит знаходиться в межах 0,051-0,087 Вт / (м·К).

Мінераловатні жорсткі плити застосовують для утеплення стін, покриттів і перекриті житлових і промислових будівель і холодильників. Жорсткі плити та фасонні вироби - сегменти, шкаралупи на синтетичному та бентоніто-коллоїдному сполучних застосовують для теплоізоляції гарячих поверхонь.

Промисловість випускає також Мінераловатні плити підвищеної жорсткості і тверді плити на синтетичних зв'язуючих, які характеризуються більш високою міцністю і великими розмірами, ніж звичайні жорсткі плити. Такі плити розміром 180x120 см, а при певних параметрах ущільнення до 360 X 120 см економічно доцільно застосовувати для утеплення стін, перекритті і покриттів будівель. Наприклад, 1 м<sup>2</sup> покриття з використанням твердих мінераловатних плит в 5-7 разів легше і на 25-40% дешевше порівняно з залізобетонним покриттям, утепленням пінобетоном.

#### ***Скляна вата та вироби з неї.***

Скляна вата є різновидом штучного мінерального волокна. Для виготовлення вати використовують скляний бій або ті ж сировинні матеріали, що і для віконного скла: кварцовий пісок, вапняк або крейда, соду або сульфат натрію. Тонке скляне волокно для текстильних матеріалів отримують витягуванням з розплавленої скломаси (фільєрним і штабіковий способи). Більш грубе волокно, яке використовується для теплової ізоляції, виготовляють дуттьових або відцентровим способами. Таке волокно зазвичай називають скляній ваткою.

Середня густина скляної вати зазвичай не перевищує 125 кг / м<sup>3</sup>, і теплопровідність - 0,052 Вт / (м·К). Промисловість випускає також супер тонкого скловолокна з середньою густиною до 25 кг / м<sup>3</sup> і теплопровідністю близько 0,03 Вт / (м·К).

*Скляна вата* практично не дає усадки в конструкціях, волокна її не руйну-

ються при тривалих струси і вібрації. Вона погано проводить і добре поглинає звук, мало гігроскопічна, морозостійка. Шар скляної вати товщиною 5 см відповідає по термічному опору цегляної стіни товщиною в 1 м.

*Скловатні мати* довжиною до 300 см, шириною до 100 см і товщиною 2-6 см і *напівтверді і жорсткі плити* розміром 100 X (50-150) X (3-5 см), а також фасонні вироби на сполучних із синтетичних смол застосовують як теплоізоляційного і акустичного матеріалу при температурі не вище 200 ° С, а прошивні мати і смуги - при температурі до 450 ° С.

**Піноскло** (пористе скло) випускають у вигляді блоків або плит розміром 50 x 40 x (8-14) см шляхом спікання порошку скляного бою або деяких гірських порід вулканічного походження (трахіти, сієніти, нефеліни, обсидіані та ін) з газо утворювачами, наприклад з вапняком або антрацитом. При температурі 800-900 ° С частки скляного бою починають сплавлятися, а що виділяються з газо утворювача газу утворюють велику кількість пор (пористість від 80 до 95%). При цьому в склоподібному матеріалі межпорових стінок містяться дрібні мікропори. Двоєкий характер пористості забезпечує високу теплоізоляційну здатність піноскла.

Теплопровідність у плит з піноскла при середньою густини 150-300 кг / м<sup>3</sup> коливається від 0,053 до 0,12 Вт / (м·К), а межа міцності при стисненні від 2,0 до 6,0 МПа, при цьому вони добре обробляються (пиляються, свердяться, шліфуються). Вироби з піноскла мають високу водостійкість, морозостійкість і температуро стійкість. Для скла звичайного складу температуростійкість дорівнює 300-400°С, для без лужного скла -до1000°С.

Піноскло застосовують як утеплювач стін, перекритті, підлог і покрівель промислових і цивільних будинків, в тому числі залізобетонних панелей у збірних великопанельних будинках, в конструкціях холодильників, а також для ізоляції теплових установок і мереж.

#### **14. 4. Матеріали з спучених гірських порід.**

**Теплоізоляційні матеріали з спучених гірських порід** . Деякі гірські породи, що містять у своєму складі зв'язану воду, при нагріванні втрачають її. Вода перетворюється в пар, спучує попередньо дроблену породу, в результаті чого утворюються пористі зерна (спучений перліт) або лусочки (спучений вермикуліт).

**Спучений вермикуліт** являє собою сипучий пористий матеріал у вигляді лускатих частинок золотистого кольору, одержуваних прискореним випалу до спучування вермикуліту - гідрослюди, що містить між елементарними шарами зв'язану воду. Пара, що утворюється з цієї води, діє перпендикулярно площинкам спайності і розсовує пластинки слюди, збільшуючи первинний об'єм зерен в 15-20 разів і більше. Насипна густина спученого вермикуліту

при крупності зерен від 5 до 15 мм становить 80 - 150 кг / м<sup>3</sup> при більш дрібних зернах вона збільшується до 400 кг / м<sup>3</sup>. Теплопровідність при температурі до 100 ° С складає 0,048-0,10 Вт / (м·К), а зі збільшенням температур до 400 ° С підвищується до 0,14-0,18 Вт / (м·К).

**Спучений перліт** одержують шляхом подрібнення і випалу перліту, обсидіану та інших вулканічних гірських порід склоподібного будови, що містять невелику кількість гідратної води (3-5%). При швидкому нагріванні до температури 900-1200 ° С вода переходить у пар і спучує розм'якшену породу, вона розпадається на окремі кулясті зерна зі збільшенням в об'ємі в 20-25 разів і більше (пористість зерен 80-90%). Насипна густина перлітового піску коливається від 100 до 250 кг / м<sup>3</sup>, щебню до 500 кг / м<sup>3</sup>. Теплопровідність при 25 ° С знаходиться в межах 0,046-0,071 Вт / (м·К).

Спучені вермикуліт і перліт використовують у вигляді теплоізоляційних засипок при температурі ізолюваних поверхонь відповідно до 1100 і 800 ° С. На їх основі в суміші з в'язкою речовиною отримують розчинні і бетонні суміші, з яких формують теплоізоляційні вироби (плити, шкаралупи, сегменти, цегла) або виконують теплоізоляційні, звукопоглинальні і декоративні штукатурки, а на основі перлітового піску і щебню також конструктивно-теплоізоляційні конструкції. Наприклад, цементний бетон на спученому перліті при об'ємній масі 900 - 1000 кг / м<sup>3</sup> має міцність при стискуванні до 10 МПа, а теплопровідність - близько 0,26 Вт / (м · К).

Безобжігові перлітові і вермикулітові теплоізоляційні вироби виготовляють на портландцементі, рідкому склі, синтетичних смолах, бітумі, різних клеях. Випалювальні вироби отримують на зв'язці з вогнетривкої глини, діятимуть. Властивості виробів залежать від виду в'язучого. Насипна густина коливається від 200 до 500 кг / м<sup>3</sup>, а теплопровідність при 25 ° С від 0,06 до 0,1 Вт / (м · К). Вироби на бітумній зв'язці застосовують при температурі експлуатації до 60 ° С, на цементному сполучному і рідкому склі - до 600 ° С, а на керамічній зв'язці - до 900-1200 ° С.

### **Завдання для самостійної роботи**

- 1.Класифікація теплоізоляційних матеріалів.
- 2.Органіческіе теплоізоляційні матеріали та області їх застосування.
- 3.Неорганіческіе теплоізоляційні матеріали та області їх застосування.
4. Схема виготовлення мінеральної вати і область її застосування в будівництві.
- 5.Теплоізоляційніе матеріали із застосуванням деревини.
6. Які теплоізоляційні матеріали які виробляють з гірських порід?
- 7.Акустическіе матеріали і їх значення в ослабленні шумів.
- 8.Свойства звукоізоляційних матеріалів.
- 9.Види і області застосування звукопоглинальних матеріалів.
- 10.Види і області застосування звукоізоляційних матеріалів.

## Лекція 15. Полімерні матеріали та вироби.

### 15. 1. Загальні відомості та класифікація полімерних матеріалів та виробів.

**Полімерними речовинами** називають високомолекулярні сполуки, які складаються з елементарних (мономерних) ланок, об'єднаних у макромолекули різної будови.

Початок широкому використанню полімерів поклав винахід целулоїду, створеного в 1845 р. на основі целюлози братами Хайєт.

Пізніше, в 1872 р. німецький хімік Байєр шляхом з'єднання фенолу з формальдегідом у присутності соляної кислоти синтезував нову полімерну речовину, яка швидко набула популярності. На основі фенольних смол і сьогодні одержують високоміцні, хімічно стійкі, електроізоляційні вироби, що з успіхом замінюють метали. В 1940 р. німецький хімік Мюллер і незалежно від нього російський вчений Адріанов отримали перші силіконові пластмаси, молекули яких поряд з вуглецем містять кремній. Завдяки вмісту кремнію в полімерному ланцюзі пластмаси отримали нові цінні властивості: вони відрізняються високою теплостійкістю, до 500 °С, стійкі до дії води, кислот і органічних розчинників.

Головними критеріями класифікації полімерних речовин є хімічна природа, походження, спосіб синтезу та тверднення, склад основного ланцюга макромолекул та характер їхньої будови, здатність до пластичних деформацій при циклічній дії температурного фактору.

За хімічною природою полімерні речовини поділяють на **органічні та неорганічні**. В неорганічних високомолекулярних сполуках (полімерах) атоми вуглецю відсутні, а в органічних – макромолекули складаються переважно з атомів вуглецю.

За походженням розрізняють полімерні матеріали **природні та штучні**. До *природних* полімерів відносять деревину, бавовну, вовну, шкіру, каучук тощо.

*Штучні* полімерні матеріали отримують шляхом синтезу з простих низькомолекулярних речовин, відомих як мономер.

За способом синтезу та тверднення органічні полімерні речовини поділяються на **полімеризаційні та поліконденсаційні**.

**Полімеризація** – це процес об'єднання молекул низькомолекулярної речовини (мономеру) без виділення будь-яких побічних продуктів.

**Поліконденсація** – це процес одержання високомолекулярних сполук (поліконденсатів) з одночасним відщепленням низькомолекулярних продуктів реакції (води, хлороводню тощо).

За здатністю до пластичних деформацій при циклічній дії температурного

фактору органічні полімери поділяють на **термопластичні та термореактивні**.

**Термопластичні** полімери, наприклад, поліетилен, полістирол, спроможні до пластичних деформацій при підвищенні температури, тобто здатні при нагріванні розм'якшуватися й переходити до в'язко пружного стану. При охолодженні вони твердіють, зберігаючи задану форму. Такі перетворення можуть повторюватися неодноразово.

**Термореактивні** полімери, наприклад, фенол формальдегідні, карбамідні, проходять стадію пластичного деформування при підвищеній температурі, але при цьому після охолодження в їхній структурі відбуваються незворотні зміни, які призводять до неможливості переходу їх у пластичний стан при повторному нагріванні, тобто вони не можуть оборотно змінювати свої властивості і непридатні до повторного формування.

**За складом основного ланцюга макромолекул :**

**карболанцюгові** молекулярні ланцюги, які складаються з атомів карбону (поліетилен, поліпропілен, поліізобутилен);

**гетероланцюгові** до складу молекули яких, крім атомів карбону, входять атоми кисню, сірки, азоту (епоксидні, поліуретанові, поліефірні полімери);

## 15. 2. Основні компоненти полімерних матеріалів та виробів.

Матеріали, що містять у своєму складі полімери і мають пластичність на певному етапі виробництва, що повністю втрачається після затвердіння полімеру, називаються **пластмасами**.

**Полімерна речовина** - найдорожчий компонент пластмас, що є основою композиції й багато в чому визначає фізико-технічні властивості пластмас: теплостійкість, хімічну стійкість, міцність та деформативні характеристики.

Окрім полімерів до складу пластмас входять інші найважливіші складові:

- **наповнювачі** - значно зменшують витрату полімерної речовини і тим самим знижують вартість матеріалу, підвищують теплостійкість, опір розтягання. Функції наповнювачів у пластмасах виконують порошки органічного й неорганічного походження, волокна, тканини, деревний шпон.

**Порошкоподібні** (деревина борошно, тирса, кварцова і слюдяна борошно, тальк, сажа, графіт, каолін, азбестовий пил та ін..)

**Волокниста** (скляна волокна, мінеральні волокна, азбестові волокна, деревини волокна.)

**Листові** ( папір, щпон, скло ткани та ін..).

- **пластифікатори** - підвищують еластичність полімеру, знижують крихкість, покращує вогні - і морозостійкість, підвищує стійкість до ультрафіолетових променів. В якості пластифікатора використовує ( дібутилфталат, камфора, олеїнова кислота та ін..)

- **стабілізатори** - сприяють збереженню властивостей пластмас у процесі експлуатації, запобігають їхньому ранньому старінню (стеарин, олеїнова

кислота, сілі жирних кислот та ін..).

- **барвники** - застосовують для надання полімерній композиції декоративного вигляду. Для цих цілей використовують пігменти органічного й мінерального походження .

- **отверджувачі** - вводять для скорочення часу твердіння та ускорення технологічного процесу виробництва виробів. Це- кислоти.

### 15. 3. Основні властивості полімерних матеріалів та виробів.

Загальні властивості пластмас залежать від багатьох факторів: хімічної будови полімерів, типу наповнювача, вмісту добавок (пластифікаторів, барвників, стабілізаторів), технології виготовлення.

**Середня густина** пластмас становить від 15-300 у легких ,900...2200 кг/м<sup>3</sup> у важких і залежить від виду використаних наповнювачів. Границя міцності при **стиску** склопластиків досягає майже 350 МПа, а границя міцності при **розтягу та згині** – 450 і 550 МПа.

Властивості пластмас щодо дії води залежать від їхньої структури й ступеня гідрофільності. **Водопоглинення** щільних гідрофобних полімерних матеріалів становить 0,1...0,5 %, а високо пористих – 30...90 % за об'ємом. Завдяки високій непроникності полімерні плівкові та рулонні матеріали, а також мастики, особливо на основі поліетилену, полівінілхлориду, синтетичних канчуків, широко застосовують для гідроізоляції.

Пластмаси – погані тепло- й електропровідники, тому їх застосовують як теплоізоляційні матеріали та діелектрики.

**Хімічна стійкість** – важлива властивість пластмас, що залежить не лише від полімеру, а й від наповнювача, пластифікатора та інших компонентів. Найчастіше пластмаси використовують для захисту від корозії будівельних конструкцій у воді, розчинах солей, кислот та інших агресивних середовищах.

Висока хімічна стійкість, непроникність для води зумовлюють широке застосування їх для захисних покриттів, гідроізоляції будівель та споруд, влаштування покрівель, трубопроводів.

Цінною властивістю пластмас є **низька стиранність**, яку необхідно враховувати при застосуванні пластмас для влаштування підлог. Важливою характеристикою деяких пластмас є високий опір удару (ударна в'язкість).

**Висока прозорість**, безбарвність, здатність пропускати ультрафіолетові промені – цінні властивості деяких пластмас. Це дає змогу застосовувати їх у світло прозорих огорожувальних конструкціях будівель та споруд, наприклад, у куполах верхнього світла, огороженнях теплиць, оранжерей, лікувальних закладів.

Пластмаси мають високі **декоративні** властивості, що дає змогу використовувати їх для опорядження стін та покриття підлог. Пластмаси не потребують періодичного фарбування поверхні. Введенням до складу вихідної композиції барвників чи пігменту можна одержати матеріал будь-якого

забарвлення чи відтінків, у тому числі багатоколірні імітації природного каменю, цінних порід дерев, шкіри, тканини, металу.

Поряд з комплексом позитивних властивостей пластмаси мають і ряд негативних. Для більшості пластмас характерна **низька теплостійкість**, яка не перевищує 60...80 оС, і лише деякі види пластмас мають теплостійкість 200...350 оС. Багато пластмас є **горючими** матеріалами, виділяють отруйні гази при горінні, легко спалахують. При переробці пластмас та експлуатації їх в середині приміщень виділяються **токсичні речовини**.

Пластмаси відрізняються високими **діелектричними** властивостями. Вони здатні акумулювати статичну електрику на поверхні. Результатом електризації є протягування пилу поверхнею пластмас, а також утворення електростатичного заряду, що негативно впливає на людину.

Пластмаси схильні до **старіння**, тобто їхні властивості під впливом теплоти, світла, кисню повітря з часом погіршуються.

Застосування полімерних матеріалів дозволяє знизити матеріаломісткість будівництва, розширити архітектурні можливості, змінити вигляд інтер'єрів, широко впроваджувати індустриальні методи ведення будівельних робіт, замінювати дефіцитні традиційні будівельні матеріали.

#### 15. 4. Матеріали та вироби на основі полімерів.

Вироби з пластмас одержують з використанням різних прийомів, при виборі яких визначальним фактором є природа полімеру й вид наповнювача. Основними прийомами переробки пластмас є:

- **пряме пресування** просоченої гарячими смолами основи (тканини, деревного шпону, паперу) у кілька шарів (листові пластики) або полімерного прес-порошку (плитка для підлог) у гідравлічних пресах, що обігрівають, зазначений спосіб застосовується в основному при переробці термореактивних полімерів і композицій на їхній основі;
- **лиття протсе**, при якому рідка композиція заливається у форму і твердне в результаті реакції полімеризації або охолодження (оргскло, плитки для підлоги та інші вироби з полі капролактаму й полі метилметакрилату);
- **лиття під тиском**, застосовують при виготовленні пластмас на основі термопластичних полімерів: полістиролу, ефірів целюлози, поліетилену. Полімер у в'язко текучому стані під тиском впорскується у форму, охолоджувану водою;
- **екструзії** або продавлювання пластичної маси через насадку певного розміру й форми (плінтуси, поручні для сходів, рейки, герметизуючі й ущільнюючі прокладки для вікон).

Застосовують екструзійні машини двох типів: шнекові та шприц-машини. В екструдер масу подають у вигляді гранул, бісеру чи порошку. Розм'якшують за рахунок тепла, яке надходить від спеціально встановлених нагрівачів.

- **промазки** верхньої поверхні просоченого полотна основи (паперу, тканини, склотканини) пастоподібною полімерною масою з наступним глибоким на-

несенням малюнка;

- **вальцеві - каландровим**, що складається з ретельного перемішування компонентів на вальцах, наступної прокатки пластичної маси між двома обертовими в різні сторони валками із зазором, що визначає товщину майбутнього виробу.

Вальці, на яких відбувається остаточне оздоблення поверхні і калібрування, повинні мати гладеньку відполіровану поверхню. Однорідність отриманих матеріалів забезпечується не тільки якісною переробкою сировини, але й тим, що вона здійснюється при підвищеній температурі.

Цей метод переробки дозволяє отримати нескінченне полотно заданої ширини та товщини і використовується для виготовлення рулонних, плівкових та листових полімерних матеріалів із термопластичних композицій.

- **спінювання** полімерної маси за рахунок інтенсивного механічного перемішування в сполученні з дією перегрітої пари з наступним швидким охолодженням, заливанням і фіксуванням пористої структури виробу (пінопласті).

### **Опоряджувальні полімерні матеріали**

**Лицювальна полістирольна плитка** являє собою квадрати або прямокутники товщиною 1,25-1,5 мм з гладкою й рельєфною поверхнею, одержувані методом лиття під тиском. До складу композиції входять: полімер, наповнювач (тальк, каолін), пігмент. До переваг даного полімеру слід віднести гігієнічність, водостійкість і хімічну стійкість, а також різноманітний декоративний вигляд.

Застосовують для лицювальних робіт торговельних і санітарно-технічних приміщень.

**Оздоблювальні полістирольні плитки** (дістали назву «**поліформ**»). Одержують шляхом спінювання полістирольної маси з наступним швидким охолодженням. Товщина панелей 8-10 мм. Застосовують для внутрішнього облицювання стель, стін та інших елементів інтер'єра.

**Паперово-шаруватий пластик** являє собою композицію, що складається з декількох шарів спеціального паперу, просочених фенолформальдегідною або карбомідною смолою. Випускають у вигляді листів з наступними стандартними розмірами: довжина - 1000-3000 мм, ширина - 600-1600 мм, товщина 1-5 мм. Цей вид матеріалу технологічний, тому що легко піддається розпилюванню, свердлінню, різноманітний за кольорами і рисунком. Застосовується як лицювальний матеріал.

**Безшовні монолітні покриття** застосовують у промислових будинках, де необхідна підвищена корозійна стійкість, а також де висувуються вимоги до гігієнічності й безпильності покриття. Як правило, покриття складається з двох шарів: перший шар виконують із полімер бетону, другий - з мастики або полімер-розчину. Товщина покриттів 20-50 мм здатна витримувати навантаження, створювані при русі внутрішнього цехового транспорту. Для виготовлення полімер-розчину й полімер бетону застосовують фенол формальдегідні, епоксидні, фуранові полімери.

### **Полімерні матеріали для покриттів підлог**

**Лінолеумі** - рулонні матеріали для покриття підлог, зручні завдяки пружності, низькій теплопровідності, гігієнічності, декоративності, заглушають шум кроків. Якість лінолеумів оцінюється за трьома показниками: пружністю, твердістю й стиранистю. По виду застосовуваної сировини лінолеумі підрозділяють на: **полівінілхлоридні (ПВХ), гумові й алкідні**. Для виробництва **ПВХ лінолеуму** як основу використовують джутову тканину, склотканину, скло сітку. Методом екструзії, вальцеві - каландровим методом одержують **безосновний**, одно - і багатошаровий лінолеумі. Полотна лінолеуму зварюють струмами високої частоти, гарячим повітрям для одержання килиму заданого розміру. Застосовують для покриттів підлог житлових, громадських і промислових будинків при середній інтенсивності рухів.

**Гумовий** лінолеум (релін) виготовляють на основі синтетичного каучуку, наповнювачів і добавок. У масовому житловому будівництві використовується обмежено, але добре себе зарекомендував для покриттів підлог тваринницьких, медичних установ. Випускається як одношаровим так і багатошаровим на теплозвукоізоляційній основі.

**Алкідний** лінолеум служить для влаштування підлог у житлових, дитячих, лікарняну – профілактичних і виробничих будівель.

**Плитки для підлог** виготовляють із полівінілхлориду, каучуків, регерованої гуми і фенопластів. Порівняно з рулонними матеріалами плитки мають краще зчеплення з основою, створюють потрібний візерунок підлоги; легко замінюються під час ремонту, при укладанні не дають відходів.

#### **Теплоізоляційні полімерні матеріали**

**Пінопласті — листові й фасонні вироби** одержують в спінюваннях різних полімерів: полістиролу, полівінілхлориду, поліетилену, фенольних полімерів та ін. **Пінополістирол** — найбільш відомий вид будівельних пінопластів. З нього одержують крупно розмірні плити товщиною до 100 мм. Марки за густиною ( $\text{кг/м}^3$ ) пінополістиролу D15...D50; теплопровідність — 0,03...0,04 Вт/(м•°C); теплостійкість 80...90 °C Пінополістирол - горючий матеріал, однак за допомогою антипіренів одержують важко горючий пінополістирол.

**Пінополівінілхлорид** — матеріал у вигляді плит, за методом одержання і структурою аналогічний пресовому пінополістиролу. Густина піно полівінілхлориду 35...70  $\text{кг/м}^3$ , теплопровідність - 0,04...0,054 Вт/(м•°C). Теплостійкість пінополівінілхлориду — 130...140 °C; горючість значно нижче, ніж у пінополістиролу.

**Заливальні пінопласті** — рідко грузлі олігомірні смоли, що заливають у пазухи, залишені в ізольованій конструкції, що спучуються і затвердівають в них.

**Фенольний пінопласт** — один з перших пінопластів. Він поставлявся на місце використання у двох упаковках (смола з газо утворювачем і затверджувач), які змішують безпосередньо перед заливанням. У якості газо утворювача застосовується алюмінієва пудра, а кислотний отверджувач, крім своєї основної ролі, реагуючи з алюмінієвою пудрою, виділяє газоподібний водень. Фе-

нольні пінопласти тверді й теплостійкі; добре зчіплюються в момент затвердіння з іншими матеріалами. Використовуються при виробництві *тришарових легких панелей* типу «сендвіч»: два металевих листи, між якими укладений пінопласт.

### **Конструкційні полімерні матеріали**

**Склопластики** - листові композиційні матеріали, одержувані шляхом просочення скляних волокон або тканин (армуючи компонентів) полімером. Склопластикова арматура має високу міцність і хімічну стійкість. Зв'язувальною речовиною у склопластиках служать фенол - формальдегідні, поліефірні й епоксидні полімери. Отримують три види склопластиків:

- склопластики з орієнтованими волокнами (СВАМ), ефективність яких полягає в сполученні низької густини ( $1800-2000 \text{ кг/м}^3$ ), високої хімічної стійкості й міцності при розтяганні (до 1000 МПа, межа міцності при стиску - 420 МПа);
- склопластики з рубаним скляним волокном, що мають світло прозорість, застосовуються для покрівель, огорожень лоджій і балконів;
- склопластики на основі склотканини (скло текстоліт) одержують шляхом просочення полотн тканини термореактивними полімерами способом гарячого пресування при високій температурі й тиску.

Склопластики застосовують для виготовлення пневматичних конструкцій, твердих оболонок, до достоїнств яких відносять технологічну інваріантність (можуть мати як позитивну, так і негативну кривизну поверхні). Проліоти, які перекривають такими оболонками можуть досягати 90-110 м, маса 1 м<sup>2</sup> покриття становить 7-20 кг. Пневматичні оболонки застосовують для покриття ринків, спортивних залів.

Дерево шаруваті пластики (ДШП) - це листові та плиткові матеріали, виготовлені гарячим пресуванням пакетів та листів із деревного шпону, просочених полімером. В'язкими речовинами для ДШП є резольні фенол-формальдегідні чи фенол карбамідно-формальдегідні полімери (рис. 12.4). Товщина деревного шпону залежно від регулювання ріжучого пристрою лущильного верстата може бути 0,5...2,5 мм. Стрічку шпону розрізують на листи заданих розмірів, сушать у роликівих сушарках до вологості 9...12 %.

**Полімер бетон** являє собою композиційний матеріал, що складається з високомолекулярних смол, дрібного й великого заповнювача, тонкомолотого наповнювача й добавок. Сполучними в полімер бетоні можуть бути: фуранові, поліефірні, епоксидні полімери. Одержують шляхом інтенсивного перемішування підігрітих заповнювачів, смол і добавок з наступним зануренням у форму, ущільненням і витримкою при температурі до 100 °С. Заповнювачі обирають залежно від умов експлуатації. Полімер бетон - єдиний матеріал, що успішно працює в цехах хімічної, харчової, целюлозної промисловості, забезпечуючи корозійну стійкість несучих і самонесучих конструкцій. Від звичайного бетону полімер бетон відрізняється не тільки хімічною стійкістю, але й високими показниками міцності: при стисканні - 60-120 МПа, при розтяганні - 7-40 МПа, морозостійкість - 200-300 циклів, але його вартість у кі-

лька разів вище цементних. Застосування полімер бетону доцільно там, де його вартість буде виправданою.

**Бетону полімер** одержують просочуванням звичайного важкого бетону на глибину 1-3 см мономерами у спеціальних герметичних камерах під тиском. Мономери полімеризуються в порах бетону, тим самим забезпечуючи високу щільність і корозійну стійкість конструкцій.

### **Завдання для самостійної роботи.**

1. Основні компоненти полімерних матеріалів.
2. Класифікація полімерних матеріалів.
3. Свойства пластмас.
4. Рациональні області застосування полімерних матеріалів.
5. Принцип виготовлення полімерних виробів.
6. Зависимість властивостей пластмас від температури.
7. Переваги і недоліки пластмас як будівельний матеріал.
8. Перспективи розвитку полімерних будівельних матеріалів.
9. Які полімерні матеріали для підлог ви знаєте?
10. Які опоряджувальні полімерні матеріали вам відомі?

## **Лекція 16. Лакофарбові матеріали .**

### **16. 1. Загальні відомості та класифікація лакофарбових матеріалів.**

**Лакофарбовими матеріалами** називають в'язку рідкого складу, що наноситься на поверхню конструкції тонким шаром, який через кілька годин твердне і утворює плівку, міцно зчіплюється з підставою.

Лакофарбові матеріали (ЛКМ) мають дві основні функції: декоративну і захисну. Вони оберігають дерево від гниття, метал - від корозії, утворюють тверді захисні плівки, які захищають вироби від руйнівного впливу атмосфери та інших впливів і продовжують термін їх служби, а також надають їм красивий зовнішній вигляд. Лакофарбові покриття довговічні. Для їх нанесення не потрібне додаткове, складне устаткування, і вони легше оновлюються. Тому такі покриття широко застосовуються як в побуті, так і в усіх галузях промисловості, на транспорті і в будівництві.

Лакофарбові матеріали застосовують для архітектурного оздоблення фасадів будинків, вони додають приміщенням гарний вигляд, створюють в них необхідні санітарно-гігієнічні умови. Нерідко лакофарбові матеріали до-

помагають охоронити матеріал конструкції від руйнівних впливів середовища.

До лакофарбових матеріалів відносяться: 1) ґрунтовки та шпаклівки для підготовки поверхні до фарбування; наносячи їх, отримують однорідні і рівні поверхні, 2) барвисті склади (фарби), які застосовуються у в'язко-рідкому або пасти вигляді, що утворюють покриття потрібного кольору; 3) сполучні речовини та пігменти, з яких виготовляють барвисті склади, 4) лаки, що створюють плівку, що відрізняється блиском; 5) розчинники та розріджувачі лаків і фарб; 6) пластифікатори, отверджувачі полімерних фарб та інші спеціальні добавки.

Лакофарбові матеріали **за складом (типом плівко утворюючих речовин) поділяють** на: полімерні, олійні (масляні), цементні, силікатні, клейові тощо. За **призначенням лакофарбові матеріали** поділяють на спеціальні та матеріали для зовнішнього і внутрішнього застосування.

Класифікація лакофарбових покриттів за **додатковими ознаками** передбачає поділ:

- за видом використаного розчинника або розріджувача (наприклад, води або легких органічних речовин);
- за прозорістю утворених плівок – на прозорі (лаки, оліфи) та непрозорі (фарби, емалі, ґрунтовки);
- за наявністю пігментів – пігментовані, не пігментовані;
- за ступенем блиску – глясові, напівглясові, напівматові, глибоко матові;
- за умовами сушіння – холодні та гарячі;
- за послідовністю нанесення шарів і типом покриття – просочувальні, ґрунтувальні, проміжні, покривні;
- за консистенцією – рідкі, в'язкі, пастоподібні.

**Класифікація лакофарбових матеріалів за умовами експлуатації**

| Групи лакофарбових матеріалів                   | Позначення груп | Умови експлуатації покриття                                                                                                    |
|-------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Атмосферостійкі (для зовнішніх робіт)           | 1               | Експлуатуються на відкритих майданчиках                                                                                        |
| Обмежено атмосферостійкі (для внутрішніх робіт) | 2               | Експлуатуються під навісом та в середині неопалювальних приміщень                                                              |
| Захисні, консерваційні                          | 3               | Для тимчасового захисту виробів під час виробництва, транспортування та зберігання                                             |
| Водостійкі                                      | 4               | Стійкі до прісної та морської води                                                                                             |
| Спеціальні                                      | 5               | Стійкі до дії рентгенівських та інших випромінювань, для просочування тканин, фарбування шкіри, гуми, пластмас, світні та ін.. |

|                                      |   |                                                                                                |
|--------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      |   |                                                                                                |
| Маслобензостійкі                     | 6 | Стійкі до дії мінеральних масел та консистентних мастил, бензину, гасу та інших нафтопродуктів |
| Хімічно стійкі                       | 7 | Стійкі до дій кислот, лугів та інших хімічних реагентів або їхніх парів.                       |
| Термостійкі                          | 8 | Стійкі до дії високої температури                                                              |
| Електроізоляційні та електропровідні | 9 | Стійкі до впливу електричного струму, поверхневих електричних розрядів                         |

**Маркування** фарбових матеріалів виконується з позначенням виду, природи плівки утворюючого компонента та їхнього призначення. З цією метою для маркування використовується система позначень з літер і цифр, яка складається з п'яти груп знаків для пігментованих матеріалів (емалюй, фарб, ґрунтовок, шпаклівок) та чотирьох груп знаків – для не пігментованих (лак-ків).

Перша група знаків визначає вид лакофарбового покриття (подається у вигляді слова – лак, фарба, емаль, ґрунтовка, шпаклівка).

Друга група знаків визначає вид матеріалу за хімічним складом (подається у вигляді аббревіатури):

- на основі поліконденсаційних полімерів: УР – поліуретанові, АУ – алкідно уретанові, КО – кремнійорганічні, ГФ – гліфталеві, ПФ – пентафталеві, МО – меламінові, МЧ – сечовинні (карбамідні), ФЛ – фенольні, ЕП – епоксидні;
- на основі полімеризаційних полімерів: АК – поліакрилатні, ВА – полівінілацетатні, ВС – на основі сополімерів вінілацетату, КЧ – каучукові, НП – нафтополімерні, ФП – фторопластові, ХВ – перхлорвінілові, ХС – на основі сополімерів вінілхлориду;
- на основі органічних в'язучих речовин: БТ – бітумні, КФ – каніфольні, МА – масляні, ШЛ – шелачні та ін.;
- на основі ефірів целюлози: АЦ – ацетилцелюлозні, НЦ – нітроцелюлозні, ЕЦ – етилцелюлозні та ін.

Для деяких матеріалів між 1 та 2 групами вводять додаткові позначення з літерами: Б – без легкого розчинника, В – водорозбавлювальні, ВД – водо дисперсійні, ОД – органу дисперсійні, П – порошкові.

Третя група вказує на переважаючі умови експлуатації та призначення лакофарбового матеріалу (позначається цифрами от 1 до 9)

Четверта група знаків – це реєстраційний номер фарби. Для масляних (олійних) фарб замість порядкового номера ставлять цифру, яка відповідає виду оліфи, що є основою для цієї фарби: 1 – натуральна оліфа, 2 – оліфа ок-соль, 3 – гліфталева, 4 – комбінована.

П'ята група відповідає кольору лакофарбового матеріалу – емалі, фарби, ґрунтовки, шпаклівки. Позначається повним словом, наприклад, сіро-біла, блакитна та ін.

В деяких випадках для уточнення специфічних властивостей лакофарбового покриття після порядкового номера ставлять літерний індекс, наприклад В – високов'язкий, М – матовий, Н – з заповнювачем, ПМ – напівматовий, ПГ – низької горючості.

Приклади позначення: Емаль ХВ-16 сіро-біла – перхлорвінілова емаль (ХВ) для атмосферостійких покриттів (1), реєстраційний номер (6), колір – сіро- білий.

## **16. 2. Зв'язуючі речовини для лакофарбових складів.**

**Зв'язуючі речовини** призначені для забезпечення зчеплення між собою частинок пігменту, наповнювача і створення захисну - декоративної плівки з високими адгезійними властивостями до поверхні будівельного матеріалу. Від якості зв'язуючої речовини залежать технологічні та експлуатаційні властивості, а головне – довговічність лакофарбового покриття.

До природних плівкоутворювачів можна віднести природні олії, які піддаються спеціальній обробці (оліфи), смоли природного походження (каніфоль, бурштин), бітуми і асфальти, речовини тваринного походження (казеїн, міздрю), спеціально оброблену целюлозу.

До штучних плівкоутворювачів відносять полімери, неорганічні в'язучі речовини.

**Оліфа** є масляна рідина, що після нанесення на поверхню висихає з утворенням міцної еластичної плівки. Промисловість випускає натуральні, напівнатуральні й штучні оліфи. Натуральні оліфи одержують шляхом варіння при температурі близько 200 °С рослинних масл (лляного, конопельного й ін.) із введенням 2-4% сикативів-окислювачів (оксид марганцю, кобальту та інших металів), що сприяють прискоренню висихання оліфи. Натуральні оліфи створюють міцні й довговічні плівки, їх застосовують для приготування високоякісних фарб, що використовують для фарбування металевих конструкцій, дверних полотн, віконних плетін, дощатих підлог й ін. Однак з урахуванням економії дорогих рослинних масл уживання їх у будівництві обмежено.

**Напівнатуральні оліфи** (ущільнені) складаються приблизно наполовину з рослинних масл, згущених нагріванням, й наполовину з летучих органічних розчинників (уайт-спіриту або сольвент-нафти), менш коштовних, ніж рослинні масла. Ущільнені оліфи випускають наступних видів оліфа оксоль, оксоль - суміш, оліфа полімеризована й ін. Плівки, що утворюються після висихання напівнатуральних оліф, відрізняються від плівок натуральних оліф меншою товщиною, більше сильним гляncем і підвищеною твердістю, але трохи меншою довговічністю.

**Напівнатуральні оліфи** широко поширені в будівництві для розведення олійних фарб до необхідної консистенції. Отримані барвисті сполуки використовують для зовнішнього й внутрішнього фарбування металів, дерева й штукатурки.

**Штучні оліфи** виготовляють із нафтопродуктів без введення рослинних

масл (сланцева оліфа) або із введенням їх у кількості до 35 % (гліфталева оліфа). Ці оліфи мають темні кольори й володіють порівняно низькій атмосферо - і вологостійкістю. З них готують барвисті сполуки для внутрішнього фарбування металів, дерева й штукатурки.

**Лаки масляні** одержують розчиненням природних або штучних смол у рослинних маслах, що висихають, утримуючі сикативи й розчинники. Смола надає плівці покриття блиск і твердість, сикативи забезпечують швидке висихання, а розчинники — необхідну малярську консистенцію. Масляні лаки застосовують у якості зв'язуючого для приготування емалевих фарб, що характеризуються підвищеною стійкістю до атмосферних впливів.

**Зв'язуючі для водних фарбових сумішей** за походженням бувають мінеральні, тваринні, рослинні, штучні й синтетичні. Ці зв'язуючі, за винятком

деяких мінеральних видів, утворюють на пофарбованій поверхні плівку за рахунок випару води.

Для приготування водних фарбових сумішей використовують такі мінеральні зв'язуючі: портландцемент, вапно й рідке калієве скло. У більшості випадків доцільно вживати білий портландцемент. Будівельне вапно у водних фарбах є одночасно білим пігментом і зв'язувачем. Звичайно використовують високоактивне свіже гашене вапно. Натрієве або калієве рідке скло служить

зв'язувачем в силікатних фарбах, якими фарбують фасади будинків і поверхні внутрішніх приміщень.

**Клеї** теж застосовують для приготування водних фарб. Використовують тваринні, рослинні, штучні й синтетичні клеї.

**Тваринний клей** буває кістковий і м'язовий. Одержують плитковий і дроблений клей, а також клей-холодець. Клей не повинен мати гнильного запаху, нальотів цвілі й повинен розпливатися при зануренні в підігріту воду. Клей зберігають у сухому місці.

**Казеїновий клей** - порошок, що складається із суміші казеїну, гашеного вапна й мінеральних солей. При змішуванні клею з водою в пропорції по масі 1:2 утворюється однорідний розчин. Зберігати клей рекомендується в сухому приміщенні. Застосовують його в якості зв'язуючої речовини в фарбах із лугостійкими пігментами, а також для клейових ґрунтовок і шпаклівок.

**Рослинний клей** одержують шляхом заварювання в окропі крохмалю, борошна або декстрину. Він призначений для клейових фарб, ґрунтовок і шпаклівок, а також для наклеювання шпалер.

**Синтетичні клеї** - натрій-карбоксиметилцелюлоза (КМЦ) і метилцелюлоза є розчини штучних смол у воді. Ці клеї мало піддані гниттю, здатні набухати й розчинятися у воді. Їх використовують у клейових і мінеральних фарбах і при обклеюванні стін шпалерами.

**Полівінілацетатний клей** застосовують у вигляді спиртоводних розчинів і розведених водою емульсій для приклеювання плівкових матеріалів й шпалер, що миються.

**Емульсії** широко поширені у виробництві малярських робіт у якості зв'язуючого. Масляні емульсії виготовляють в емульгаторах із оліфи, вапняного молока й розчину тваринного клею або інших компонентів. Розводити емульсію до робочої консистенції рекомендується безпосередньо перед застосуванням. Використання емульсійних фарбових сумішей дозволяє заощаджувати натуральні оліфи.

**Розчинники** - рідини органічного походження, призначені для надання лакофарбовим складам необхідної малярної консистенції і забезпечення можливості її нанесення на поверхню.

Тип розчинника залежить від природи плівко утворювача. Так, для олійних фарб – це бензин, уайт-спірит, скипидар, для гліфталевих і бітумних лаків і фарб - сольвент, ксилол, скипидар, для перхлорвінілових фарб - ацетон, для клейових і водоемульсійних - вода.

### 16. 3. Пігменти для лакофарбових складів.

**Пігментами** називають тонко дисперсні порошки, нерозчинні у зв'язуючій речовині й розчиннику, які здатні брати участь в утворенні непрозорого покриття, надавати йому не тільки різних кольорів і відтінків, але й підвищувати міцність та довговічність.

Пігменти за походженням поділяють на *неорганічні* (мінеральні) і органічні, за способом отримання – природні й штучні. Неорганічні пігменти отримані хімічною обробкою руд, металів і мінералів (синтетичні) і «земляні» пігменти (природні) – сурик залізний, вохра. Штучні мінеральні пігменти отримують термічною або хімічною обробкою мінеральної сировини. *Органічні* пігменти (барвники) мають високу барвну та покривну здатність, відрізняються яскравим кольором, характеризуються світло - та атмосферо стійкістю, але недостатньою лугостійкістю.

#### Класифікація пігментів за природою походження

| Пігменти                                                                                            |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                           |                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Мінеральні                                                                                          |                                                                                                                                                                         | Органічні                                                                                                                 | Металеві                                            |
| природні                                                                                            | штучні                                                                                                                                                                  |                                                                                                                           |                                                     |
| Крейда<br>Вапно<br>Каолін<br>Охра<br>Мумія<br>Умбра<br>Сурик залізний<br>Перекис марганцю<br>Графіт | Білила цинкові<br>Білила титанові<br>Білила свинцеві<br>Літопон<br>Крон свинцевий<br>Умбра палена<br>Сажа малярська<br>Зелень цинкова<br>Оксид хрому<br>Лазур малярська | Аніліновий чорний<br>Нікелевий жовтий<br>Фталоціаніновий<br>блакитний<br>Карбазоловий фіолетовий<br>Толуїдиновий червоний | Пудра алюмінієва<br>Пил цинковий<br>Бронза золотава |

*Білі* цинкові, титанові й свинцеві білила, літопон .

*Жовті* свинцеві, цинкові, стронцієві, залізо- окисний крон, сполуки кадмію, охра, свинцевий сурик й ін.

*Червоні* Залізний сурик, сполуки кадмію, ртуті й ін.

*Сині* сполуки кобальту, залізна лазур, ультрамарин

*Зелені* Окис хрому, сполуки міді й ін.

*Чорні* Технічний вуглець, оксиди заліза й

**За хімічним складом** пігменти поділяють на такі класи сполук:

- елементи – технічний карбон, металеві пігменти (цинковий пил, алюмінієва пудра);
- оксиди – діоксин титану, цинкові білила, залізо оксидні пігменти, сурик свинцевий та ін.;
- солі – карбонати (свинцеві білила), хромати (свинцеві та цинкові крона); сульфіді (ліпотон, кадмієві пігменти), фосфати ( фосфати кобальту, хрому), комплексні солі (залізна лазур), алюмосилікати (ультрамарин) та ін.

У кольорових покриттях крім кольорів пігмент забезпечує *уриваність*, підвищує *атмосферо стійкість* і *твердість*, відбиває або поглинає світло, знижує набрякання плівки у воді й ін. У ґрунтовках пігмент сприяє вповільненню корозії металів, заповнює пори деревини, поліпшує адгезію й т.д.

У шпаклівках, що містять велику кількість пігментів і наповнювачів, пігменти разом з іншими компонентами сприяють вирівнюванню поверхні, а крім того, забезпечують високу твердість покриття й здатність шліфуватися. Властивості пігментів оцінюють *барвною здатністю*, *покривною здатністю*, *масло місткістю*, *хімічною стійкістю*, *атмосферо стійкістю*, *антикорозійною стійкістю* та ін.

*Барвна здатність* – здатність пігментів при змішуванні з іншими речовинами надавати їм свого забарвлення.

*Покревність* – це доза пігменту, яка необхідна для повного зафарбування нанесеної раніше на поверхню шару контрастної фарби.

*Масломісткість* – це здатність пігменту утримувати визначену кількість масла. Властивість ця визначається кількістю масла, яке необхідно додавати до пігменту для одержання фарбової пасти.

**Наповнювачі** – це тверді дисперсні неорганічні природні або штучні речовини, які не розчиняються в розчинниках і плівко утворювачах. Вони застосовуються для поліпшення молярно-технічних властивостей лакофарбових матеріалів та підвищення експлуатаційних властивостей покриттів, а також для економії пігментів.

#### 16. 4. Види лакофарбових складів.

**Ґрунтовки** – це суспензії пігментів або їхніх сумішей з наповнювачами в розчині плівко утворюючої речовини, які після висихання утворюють суцільну непрозору однорідну тверду плівку. Призначені для утворення ниж-

нього захисного шару покриття, тому вони повинні мати високу адгезію до основи.

**Шпаклівки** – високо наповнені матеріали у вигляді в'язкої пастоподібної маси, що складається з суміші пігментів і наповнювачів, диспергованих у плівку утворюючої речовини. Призначені для вирівнювання поверхні основи, заповнення нерівностей та виправлення її дефектів.

**Фарби** – це суміші пігменту з наповнювачами та плівку утворюючими речовинами, які утворюють непрозорі однотонні покриття. Залежно від використання плівку утворюючих речовин поділяють на :

- **масляні фарби**, які застосовують для захисту сталевих конструкцій від корозії, для запобігання зволоження дерев'яних конструкцій, для створення зносостійких і водостійких покриттів (підлоги, нижня частина стін коридорів). Досить довговічні. Це однорідні суспензії, отримані в результаті диспергування пігменту в оліфі. Випускають густо терті фарби, доведені до робочої в'язкості оліфою безпосередньо перед використанням і рідка терті, готові до використання з вмістом 40-50 % оліфи;

- **мінеральні фарби** на основі неорганічних в'язучих речовин (вапняні, цементні, силікатні), які застосовують для фасадних захисно-декоративних покриттів при нанесенні на оштукатурені фасади з керамічної та силікатної цегли, бетону й газобетону. Мінеральні фарби в основному є порошковими і доводяться до потрібної консистенції додаванням води. Вони є екологічно чистими, мають достатню паро проникність, високу морозостійкість та водостійкість;

- **водно дисперсійні фарби** – це пігментовані емульсії полімерів у воді, складаються з двох не змішуваних рідин, в яких частинки однієї розподілені в іншій. Властивості водно дисперсійних лакофарбових матеріалів залежать від виду полімерів. Найбільш широко використовують фарби на основі вінілацетату, стирол-бутадієнової емульсії. Водно дисперсійні фарби відносять до найбільш економічних і зручних в нанесенні на поверхню, вони технологічні, пожежу вибухобезпечні. Мають добру адгезію практично до всіх основ. Недоліком цих плівок є низька механічна міцність, невелика водо- і морозостійкість. В асортименті водо дисперсних фарб переважають *полівінілацетатні емульсійні* фарби, до складу яких входять водні дисперсії полівінілацетату, пластифіковані дибутилфталатом, пігмент, добавки. Полівінілацетатні фарби мають достатню адгезію до бетону, штукатурки, деревини, характеризуються низькою водостійкістю, тому мають вузьку область застосування – фарбування стель і внутрішніх стін у сухих приміщеннях, але ці фарби є досить дешевими.

Лідерами серед високоякісних будівельних лакофарбових матеріалів є акрилові фарби, емалі, лаки й ґрунтовки. Основними їхніми перевагами є довговічність і надійний захист поверхонь. Акрилові покриття на відміну від масляних, алкідних і вінілхлоридних є еластичними і паро проникними, мають підвищену атмосферо стійкість, водостійкість. Термін служби близько 10 років.

**Алкідні фарби** набули найбільшого розповсюдження в будівництві. Зв'язуючим для них є алкідна смола, яку виготовляють варінням рослинних масел. Вони традиційно використовуються для захисту від зносу й корозії різноманітних зовнішніх і внутрішніх поверхонь будівель, витримують очищення водою. Однак оскільки містять органічний розчинник, за екологічними показниками вони поступаються водоемульсійним фарбам.

**Лаки** – не пігментовані склади, що являють собою розчини синтетичних і натуральних смол в органічних розчинниках.

Після нанесення лаку на поверхню розчинник випаровується і утворюється міцна, прозора, блискуча або матова плівка.

Лаки класифікують на: масляно-смоляні, синтетичні, нітролаки, бітумні лаки. Масляно-смоляні лаки застосовують для внутрішніх і зовнішніх покриттів у масляних фарбах по дереву, металу. Синтетичні лаки на основі мочевино - формальдегідних смол застосовують для покриття паркетних підлог, деревостружкових плит і столярних виробів. Бітумні лаки використовують для роботи із чавунними й металевими поверхнями, тим самим забезпечують корозійну стійкість конструкціям. Нітролаки застосовують для лакування пофарбованої й незабарвленої поверхні деревини.

**Емалеві фарби** являють собою суспензію пігменту й наповнювача в лаку (гліфталевому, пентафталевому і т.д.)

**Гліфталеві емалі (ГФ)** застосовують для зовнішньої й внутрішньої обробки. Гліфталева емалі – це полімер гліцерину й фталевого ангідриду.

**Пентафталеві емалі (ПФ)** аналогічні гліфталевим, але при синтезі сполук замість гліцерину застосовують пентаеритрит.

**Нітрогліфталеві емалі (НГ)** поєднують у собі переваги гліфталевих і нітроцелюлозних емалей.

**Перхлорвінілові емалі (ПХВ)** отримують розчиненням перхлорвінілового полімеру в органічних розчинниках і введенням у лак пігменту. Застосовують для зовнішніх робіт по штукатурці, бетону, цеглі. ПХВ - емалі дають насичені тони, зберігають фактуру поверхні, довговічні.

### **Завдання для самостійної роботи.**

- 1.Лакокрасочние склади, мета їх застосування.
2. Види і область застосування оліфи.
- 3.Види клеїв, використовуваних при виготовленні лакофарбових матеріалів.
- 4.Какие пігменти ви знаєте?
- 5.Види масляних фарб.
6. Що таке сикативи? їх призначення
- 7.Где застосовуються емульсійні барвисті склади?
- 8.Что є водно клейовий барвистий склад?

9.Что є лаки? Їх види та область застосування.

10.Чем відрізняються емалі від лаків?

### **Список літератури**

1. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К. Будівельне матеріалознавство. - К: ТОВ УАВК «Екс Об», 2004. – 704 с.
2. Микульский В.Г., Куприянов В.Н. Сахаров Г.П. Строительные материалы. - М: Изд-во АСВ, 2000. – 536 с.
3. Попов К.Н., Каддо М.Б. Строительные материалы и изделия. - М: Высш.шк., 2002 . - 367 с.

4. Юхневский П.И. Строительные материалы и изделия. – Минск.: УП «Технопринт», 2004. - 476 с.
5. Захарченко П.В., Долгий Е.М. та ін. Сучасні композиційні будівельно-оздоблювальні матеріали. – К.: КНУБА, 2005. – 512 с.
6. Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Суханов В.Г. Композиционные строительные материалы и конструкции. Структура, самоорганизация, свойства. Одесса – 2010. – 342 с.