

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О.М. БЕКЕТОВА**

**С. В. Шаповал, О. С. Лапшин**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ  
з дисципліни  
«БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»**

*(для студентів 2 курсу денної та заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» напрямів підготовки 6.060101 «Будівництво», 6.060103 «Гідротехніка» та слухачів другої вищої освіти спеціальностей 7.06010101 «Промислове та цивільне будівництво», 7.06010107 «Теплогазопостачання та вентиляція»)*

**Харків  
ХНУМГ  
2014**

Шаповал С.В. Конспект лекцій з дисципліни «Будівельне матеріалознавство» (для студентів 2 курсу денної та заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» напрямів підготовки 6.060101 «Будівництво», 6.060103 «Гідротехніка» та слухачів другої вищої освіти спеціальностей 7.06010101 «Промислове та цивільне будівництво», 7.06010107 «Теплогазопостачання та вентиляція») / С.В. Шаповал, О.С. Лапшин; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім.О.М. Бекетова – Х.: ХНУМГ, 2014. – 123 с.

Автори: к.т.н., доц. Шаповал С.В., к.т.н., доц. Лапшин О.С.

Рецензент: А.А.Баранова

Рекомендовано кафедрою технології будівельного виробництва та будівельних матеріалів, протокол № 2 від 12.09.13 р.

## Зміст

Вступ	6
Лекція 1. Загальні технічні властивості будівельних матеріалів	7
1.1 Фізичні властивості	7
1.2 Механічні властивості	11
1.3 Хімічні властивості	16
1.4 Технологічні властивості	16
Завдання для самостійної роботи	17
Лекція 2. Природні кам'яні матеріали	18
2.1 Характеристика породотвірних мінералів	25
2.1.1 Група кварцу	25
2.1.2 Група алюмосилікатів	25
2.1.3 Група залізисто-магнезійних силікатів	25
2.1.4 Група карбонатів	26
2.1.5. Група сульфатів	26
2.2 Будова та властивості гірських порід різного походження	26
2.2.1 Вивержені породи	26
2.2.2 Осадкові породи	27
2.2.3 Метаморфічні породи	28
2.3 Класифікація та характеристика матеріалів і виробів із природного каменю	28
2.4 Використання відходів видобування і обробки гірських порід	31
Завдання для самостійної роботи	31
Лекція 3. Керамічні матеріали та вироби	32
3.1 Класифікація керамічних матеріалів	32
3.2 Сировина для виробництва кам'яних матеріалів	33
3.3 Матеріали для декорування (глазур, ангоби, керамічні фарби)	34
3.4 Основи технології керамічних матеріалів і виробів	34
3.5 Характеристика керамічних матеріалів різного призначення	35
3.5.1 Стінові вироби	35
3.5.2 Вироби спеціального призначення	36
Завдання для самостійної роботи	37
Лекція 4. Матеріали та вироби з мінеральних розплавів і металічні матеріали	38
4.1 Матеріали з мінеральних розплавів	38
4.1.1 Сировина, технологія отримання та властивості скла	38
4.1.2 Матеріали та вироби зі скла	41
4.1.3 Склокристалічні матеріали	43
4.1.4 Матеріали та вироби із кам'яного литва	44
Завдання для самостійної роботи	45
4.2 Металеві матеріали	45
4.2.1 Загальна характеристика металів	45
4.2.2 Основні властивості металів	46
4.2.3 Фізико-хімічні основи отримання чорних металів та сплавів на їхній основі	46

4.2.4 Класифікація та характеристика чавунів	47
4.2.5 Класифікація вуглецевих сталей	48
4.2.6 Вироби зі сталей	49
4.2.7 Кольорові метали та сплави й матеріали на їхній основі	49
Завдання для самостійної роботи	51
Лекція 5. Неорганічні в'язучі речовини та матеріали на їх основі	52
5.1 Фізико-хімічні закономірності формування складу та структури мінеральних в'язучих речовин	52
5.2 Класифікація неорганічних в'язучих речовин	52
5.3 Повітряні в'язучі речовини	52
5.3.1 Технічні характеристики гіпсових в'язучих	54
5.3.2 Повітряне будівельне вапно	55
5.3.3 Магнезійні в'язучі речовини	57
5.3.4 Кислотостійкий цемент	58
5.4 Гідравлічні в'язучі речовини	58
5.4.1 Технологія виробництва цементу	61
5.4.2 Хіміко-мінералогічний склад портландцементного клінкеру	62
5.4.3 Твердіння портландцементу й формування структури цементного каменю	62
5.4.4 Властивості портландцементу	63
5.4.5 Спеціальні види цементів	64
5.5 Основні відомості про бетон і будівельний розчин	68
5.5.1 Матеріали для важкого бетону	71
5.5.2 Властивості бетону	73
5.5.3 Види бетонів	74
5.5.4 Будівельні розчини	75
5.5.5 Властивості будівельних розчинів	76
5.6 Виробництво бетонних і залізобетонних конструкцій з важких бетонів	77
5.7 Безвипалювальні будівельні матеріали	78
5.7.1 Гіпсові й гіпсобетонні вироби	78
5.7.2 Силікатна цегла	82
5.7.3 Азбестоцементні вироби	86
Завдання для самостійної роботи	90
Лекція 6. Матеріали та вироби на органічній основі. Бітумні та дьогтьові в'язучі речовини та матеріали на їхній основі	91
6.1 Особливості утворення в'язучих речовин органічного походження та їхня класифікація	91
6.2 Бітумні в'язучі речовини	92
6.3 Дьогтьові в'язучі речовини	93
6.4 Асфальто- та дьогтебетони	93
6.5 Характеристика матеріалів на основі бітумних та дьогтьових в'язучих речовин	94
Завдання для самостійної роботи	95
Лекція 7. Матеріали та вироби з деревини	96

7.1 Загальні відомості	96
7.2 Будова деревини	96
7.3 Мікроструктура та хімічний склад	96
7.4 Деревні породи	97
7.5 Основні властивості деревини	98
7.6 Застосування деревини. Біокомпозити та композиційні матеріали на основі відходів переробки деревини	100
7.7 Захист деревини від гниття та займання	102
Завдання для самостійної роботи	102
Лекція 8. Лакофарбові матеріали	103
8.1 Особливості композиційної побудови лакофарбових матеріалів	103
8.2 Класифікація лакофарбових матеріалів	104
8.3 Характеристика основних компонентів лакофарбових матеріалів	105
8.4 Види лакофарбових матеріалів	109
Завдання для самостійної роботи	112
Лекція 9. Полімерні матеріали	113
9.1 Класифікація полімерних речовин та матеріалів на їхній основі	113
9.2 Основні властивості полімерних матеріалів (пластмас)	114
9.3 Загальна характеристика основних полімерних речовин	115
9.4 Технологія виготовлення полімерних матеріалів	120
Завдання для самостійної роботи	121
Список використаних джерел	122

## Вступ

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.

Мета дисципліни: формування умінь і навичок, які дають змогу робити вірний вибір матеріалу з урахуванням експлуатаційних умов, передбачати економію витрат на матеріали, зниження маси будівель і споруд; опанування теоретичними основами проектування та здійснення ремонтно-будівельних робіт.

Вивчення даної дисципліни безпосередньо спирається на такі дисципліни: «Будівлі та споруди», «Будівельні машини і транспорт», «Будівельні конструкції». Значний внесок у розвиток будівельного матеріалознавства внесли видатні вчені: В. А. Волженський, С. В. Шестоперов, В. А. Воробйов, Ю. М. Попов, Б. Г. Баженов, Г. І. Горчаков, П. І. Боженів, Н. А. Скрамтаєв, А. Г. Комар тощо.

Для того, щоб майбутній інженер набув глибокі знання з номенклатури, властивостей і раціонального використання будівельних матеріалів, він повинен навчитися користуватися довідково-інформаційною літературою (довідниками, каталогами, ДСТУ, ТУ та ін.), у якій наведені необхідні дані про сучасні конструкційні, оздоблювальні та інші матеріали: способи зберігання, використання, вартість, заводи-виробники тощо.

Відповідно до вимог діючих державних та галузевих стандартів всі види сучасної промислової продукції повинні виготовлятися відповідно до вимог, які погоджені з замовниками. Нормативні вимоги за використанням будівельних матеріалів, виробів та елементів конструкцій регламентуються Будівельними нормами та правилами (ДБН) та відповідними інструкціями.

## Лекція 1

### Загальні технічні властивості будівельних матеріалів

Для виконання функціонального призначення у спорудах матеріали повинні мати необхідні властивості. Під властивостями розуміють здатність матеріалів певним чином реагувати на вплив окремих або сукупних зовнішніх чи внутрішніх факторів (механічних, фізичних, хімічних, біологічних та інших). Тому, обираючи певний матеріал з урахуванням умов експлуатації та призначення об'єкта, треба правильно визначити його властивості й всебічно оцінити їх.

Для оцінки властивостей будівельних матеріалів їх піддають різним випробуванням у лабораторіях, використовуючи для цього спеціальні прилади, механізми та вимірювальну апаратуру. Порівнюючи одержані показники з відповідними величинами, встановленими нормативними документами (стандартами, технічними умовами, будівельними нормами), роблять висновок про технічну можливість, а враховуючи економічні показники, і економічну доцільність використання даного будівельного матеріалу в конкретних умовах. Вибір матеріалів відповідної якості та вартості для будівництва кожного об'єкта є одним з основних елементів будівельного проектування.

Усі властивості будівельних матеріалів за сукупністю ознак поділяють на такі групи:

- 1) фізичні (дійсна, середня, насипна щільність, пористість, питома поверхня тощо);
- 2) відношення до дії води і морозу (водовбирання, вологість, водостійкість, водопроникність, вологовіддача, гігроскопічність, морозостійкість);
- 3) відношення до дії тепла (теплопровідність, теплоємність, вогнестійкість, вогнетривкість);
- 4) механічні (міцність при стисканні, вигині, розтягненні), твердість, крихкість, стирання, пружність, пластичність, опір удару, зносостійкість, повзучість);
- 5) спеціальні (хімічна (корозійна) і біологічна стійкість, газопаропроникливість, довговічність, адгезія, акустичні властивості);
- 6) технологічні - характеризують придатність до механічної обробки (різання, свердлення, стругання, розпилювання).

#### 1.1 Фізичні властивості

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

До фізичних властивостей матеріалів належать: істинна та середня густина, пористість, вологість, водопоглинення, водопроникність, морозостійкість та ін.

*Істинна густина  $\rho$*  – це маса одиниці об'єму матеріалу в «абсолютно» щільному стані (без пор, пустот), найчастіше її визначають у  $\text{г/см}^3$  або  $\text{кг/м}^3$ .

Майже всі будівельні матеріали мають пористу основу, за винятком скла, кварцу, ситалу, сталі та деяких інших. Щоб визначити «абсолютний» об'єм випробовуваного матеріалу, його висушують до сталої маси  $m_c$  й тонко подрібнюють, щоб кожна частинка не мала в собі пор. Одержаний порошок засипають у спеціальний прилад (об'ємомір), заповнений інертною рідиною по відношенню до речовини, що випробовується (водою, гасом тощо), і за об'ємом витісненої ним рідини встановлюють «абсолютний» об'єм матеріалу  $V_a$ . Істинна густина визначається за формулою

$$\rho = m_c / V_a.$$

Показник  $\rho$  – довідкова величина, яка застосовується для виконання деяких розрахунків, наприклад, визначення показника пористості. Істинна густина одного й того самого матеріалу в звичайних умовах лишається сталою.

*Середня густина  $\rho_o$*  – це маса одиниці об'єму матеріалу в природному стані (разом з порами, пустотами), найчастіше її визначають у  $\text{г/см}^3$  або  $\text{кг/м}^3$ .

Для визначення середньої густини масу випробовуваного матеріалу знаходять зважуванням, а об'єм для зразків правильної геометричної форми – звичайним вимірюванням, неправильної форми – в об'ємомірі за об'ємом витісненої інертної рідини. Середню густину сипких матеріалів (цементу, вапна, піску, щебеню, гравію тощо) називають насипною густиною.

*Насипна густина  $\rho_n$*  – це відношення маси сипкого матеріалу до його об'єму, включаючи простір між пластинками.

Середня густина залежить від хімічного та мінералогічного складів матеріалу, але більшою мірою – від розміру та кількості пор і пустот. З підвищенням вологості показник  $\rho_n$  збільшується. Середня густина має велике практичне значення для виконання різних розрахунків (обсягів транспортування, складування матеріалів, міцності конструкцій). Вона тісно пов'язана з іншими властивостями будівельних матеріалів, що дає змогу визначати доцільні галузі їхнього використання у будівництві.

У ряді випадків використовують поняття відносної густини  $d$ , тобто відношення середньої густини матеріалу до густини стандартної речовини (наприклад, води, для якої  $\rho_e = 1000 \text{ кг/м}^3$ ). Відносну величину використовують для визначення орієнтовної теплопровідності, коефіцієнта конструктивної якості.

*Пористість  $\Pi$*  – це ступінь заповнення об'єму матеріалу порами. Її виражають у відсотках або у частках одиниці (коли загальний об'єм матеріалу приймають за одиницю).

Пористість визначають за формулою

$$\Pi = (\rho - \rho_o) / \rho.$$

З пористістю пов'язані такі технічні властивості матеріалу, як міцність, водопоглинення, морозостійкість, теплопровідність тощо. Крім кількості пор у матеріалі, на його властивості істотно впливає також характер пористості. Пори можуть бути закритими, тобто недоступними для заповнення водою, і відкритими.

Будівельні матеріали навіть із значною пористістю, але з невеликими або переважно закритими порами мають невелике водопоглинення і значну



морозостійкість, тоді як матеріали з таким самим числовим показником пористості, але з відкритими порами не можуть застосовуватися у місцях з високою вологістю.

*Пустотність* характеризується наявністю порожнин (пустот) у будівельних виробках або між зернами в сипких матеріалах і визначається у відсотках від загального об'єму виробу або матеріалу. Пустотність можна обчислити за тими самими формулами, що й пористість.

*Водопоглинення* – властивість матеріалу вбирати й утримувати в собі воду. Щоб визначити водопоглинення, зразок матеріалу занурюють у воду й витримують там до досягнення ним сталої маси. Повне водонасичення матеріалу досягається його кип'ятінням з наступним охолодженням у воді або під вакуумом.

Водопоглинення за масою ( $W_m^n$ ) визначають як відношення кількості поглинутої води до маси сухого матеріалу. Водопоглинення за об'ємом ( $W_v^n$ ) характеризується ступенем наповненості пор матеріалу водою при насиченні, виражається відношенням об'єму поглинутої води до об'єму матеріалу в природному стані.

Водопоглинення  $W_m^n$  і  $W_v^n$  (%) визначають за формулами

$$W_m^n = [(m_{нас} - m_{сух}) / m_2] 100\%,$$
$$W_v^n = [(m_{нас} - m_{сух}) / V \cdot \rho_{води}] 100\%,$$

де  $m_{нас}$ ,  $m_{сух}$  – маса матеріалу у насиченому водою і в сухому стані, г;

$\rho_{води}$  – густина води, г/см<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм матеріалу в сухому стані, см<sup>3</sup>.

Насичення матеріалів водою істотно позначається на інших властивостях: підвищується середня густина, теплопровідність, знижується міцність, морозостійкість.

*Вологість* – вміст вільної води в порах і на поверхні матеріалу. Вологість визначають у відсотках за масою або об'ємом. Вона може бути абсолютною або відносною.

*Абсолютну вологість* визначають як відношення маси вологи, яка знаходилась у матеріалі, до маси сухого матеріалу, а *відносну* – як відношення маси вологи до маси матеріалу у вологому стані.

Вологість визначають за формулою

$$W = [(m_1 - m_2) / m_2] 100\%,$$

де  $m_1$  – маса матеріалу в природному стані, г,

$m_2$  – маса висушеного матеріалу, г.

Вологість матеріалу в будівельних конструкціях залежить від вологості навколишнього середовища, атмосферних явищ (дощ, танення снігу). Із зволоженням погіршуються теплозахисні властивості, морозостійкість та інші показники.

*Гігроскопічність* – це властивість матеріалу поглинати і конденсувати водяну пару з повітря. Вбирання вологи з повітря обумовлюється адсорбцією водяної пари на внутрішній поверхні пор та капілярною конденсацією. Коли цей процес супроводжується хімічною взаємодією з матеріалом, його називають хемосорбцією. Наприклад, портландцемент при тривалому

зберіганні, внаслідок хемосорбції, поступово груд кується і втрачає свою активність.

*Морозостійкість* – це здатність матеріалу витримувати у водонасиченому стані навперемінне заморожування й відтавання без суттєвих втрат міцності і маси.

Під дією від'ємних температур вода у крупних порах замерзає, перетворюючись на лід зі збільшенням об'єму приблизно на 9 %, що призводить до виникнення тиску на стінки пор, який становить біля 210 МПа при температурі – 20 °С. При цьому в матеріалі з'являються внутрішні напруження, які можуть спричинити його руйнування.

Щоб визначити морозостійкість, зразки матеріалу насичують водою, а далі піддають навперемінному заморожуванню при температурі – (18<sup>+</sup>. 2) °С і відтаванню у воді з температурою (18<sup>+</sup>. 2) °С до певного числа циклів, встановленого нормативними документами, або до початку руйнування зразка.

*Марка за морозостійкістю F* – це число циклів навперемінного заморожування та відтавання цілих виробів або зразків з матеріалів у насиченому водою стані при збереженні ними початкових фізичних та фізико-механічних властивостей у нормованих межах. Цикл випробування, умови якого регламентуються відповідними стандартами, складається з одного заморожування та відтавання зразків протягом визначеного часу.

Залежно від призначення до матеріалів висуваються різні вимоги щодо морозостійкості. Так, рядова цегла повинна мати марку не менше F 15.

*Теплопровідність* – це здатність матеріалу передавати теплоту від однієї поверхні до іншої за наявності різниці температур на цих поверхнях. Така здатність характеризується коефіцієнтом теплопровідності.

*Коефіцієнт теплопровідності  $\lambda$*  – кількість тепла, що проходить крізь зразок матеріалу завтовшки 1 м, площею 1 м<sup>2</sup> за 1 секунду при різниці температур на протилежних сторонах зразка в 1 градус.

*Вогнева усадка* – здатність матеріалів змінювати свої розміри та об'єм внаслідок спікання чи оплавлення частинок під дією високих температур.

*Вогнестійкість* – це здатність матеріалу витримувати дію високих температур або вогню й води (під час пожеж), не руйнуючись. За ступенем вогнестійкості будівельні матеріали поділяють на три групи: негорючі, важкогорючі й горючі.

*Негорючі* – це матеріали, які під дією вогню чи високих температур не горять, не тліють і не обвуглюються. Негорючі матеріали поділяють на вогнестійкі, що практично не деформуються (цегла, черепиця, жаростійкий бетон, сієніт), вогнетривкі та термічно стійкі.

*Важкогорючі* - це матеріали, які під дією вогню чи високих температур злегка займаються, тліють або обвуглюються, а коли віддаляється джерело вогню, ці процеси припиняються. До таких матеріалів належать здебільшого мінералоорганічні матеріали (асфальтобетон, гідро ізол).

*Горючі* - це матеріали, які під дією вогню чи високих температур займаються або тліють, і ці явища тривають і тоді, коли усунуто джерело вогню. До цієї групи належать деревина, бітуми, полімерні матеріали.

*Вогнетривкість* – це властивість матеріалу протистояти, не розплавляючись, впливу високих температур. Вона характеризується температурою, під впливом якої зразок випробуваного матеріалу у вигляді зрізаної тригранної піраміди (піроскопа) розм'якшується і деформується так, що його вершина дотикається підставки.

*Жаростійкість* – це здатність матеріалу за умов тривалої дії температур в заданому інтервалі зберігати або незначно змінювати свої фізичні або механічні властивості.

*Радіоактивність* будівельних матеріалів обумовлена природними довго існуючими радіонуклідами, переважно радієм-226, торієм-232 та калієм-40.

*Радіаційна стійкість* – властивість матеріалу протистояти дії радіоактивного випромінювання, яке змінює його структуру і властивості. Споруди атомної енергетики, деякі науково-дослідні, лікувально-профілактичні установи необхідно захищати від радіоактивного випромінювання, в першу чергу від потоку нейтронів та  $\gamma$ -променів, небезпечних для живих істот. Для захисту від нейтронного випромінювання застосовують матеріали, що містять велику кількість хімічно зв'язаної води (бетони), а від  $\gamma$ -випромінювання – матеріали з великою середньою густиною (особливо важкі бетони, свинець, барит).

## **1.2 Механічні властивості**

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

Такими властивостями є твердість, міцність, пружність, розтяжність, пластичність, крихкість. Будівельні матеріали в спорудах зазнають дії різних зовнішніх сил та інших факторів, які можуть призвести до появи тріщин, зміни початкової форми без зміни структури, зниження міцності та інших явищ, пов'язаних із фізико-механічними властивостями.

*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, згину, розтягу, зрізу та удару.

Будівельні матеріали неоднаково сприймають різні навантаження. Це залежить від хімічного та мінералогічного складів матеріалу, структури й будови. Так, природні кам'яні матеріали, цегла та бетон добре працюють на стиск, але погано на розтяг і згин. На розтяг вони витримують навантаження в 10...15 разів менші, ніж на стиск.

Міцність будівельних матеріалів характеризується границею міцності при стиску, згині тощо. Вона чисельно дорівнює напруженню в матеріалі, яке відповідає навантаженню, що призвело до руйнування зразка і вимірюється в МПа.

Зразки будівельних матеріалів випробовують на спеціальних пресах до руйнування, а границю міцності при стиску, МПа, обчислюють за формулою:

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

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

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

Випробування на згин виконують за схемою балки, встановленою на двох опорах при зосередженому навантаженні, прикладеному симетрично відносно осі балки, до її руйнування. Границя міцності на згині, МПа, якщо навантаження зосереджене й прикладене в центрі,

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

Якщо два навантаження прикладені симетрично відносно осі балки, то

$$R = 3P(l - a) / 2bh^2,$$

де  $P$  – руйнівне навантаження (сила),  $l$  – відстань між опорами, м;  $b$ ,  $h$  – ширина й висота поперечного перерізу зразка, м;  $a$  – відстань між точками прикладання двох навантажень, м.

Вимоги стандартів до випробувань матеріалів при стиску, вигині й розтягуванні наведені в табл. 1.1, 1.2.

Крім традиційних руйнівних методів, для визначення міцності будівельних матеріалів, можна застосовувати також і неруйнівні методи, наприклад, ультразвуковий.

Під час експлуатації в спорудах допускаються напруження, значно нижчі за границю міцності, який може перевищувати її границю у два, три чи більше разів.

Для порівняльної оцінки ефективності різних матеріалів використовують *коефіцієнт конструктивної якості*, МПа, який характеризується відношенням границі міцності при стиску або розтягу до відносної густини.



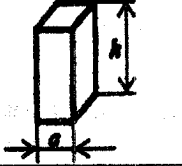
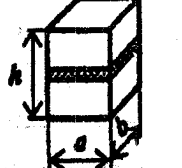
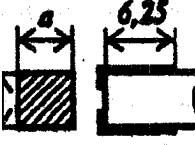
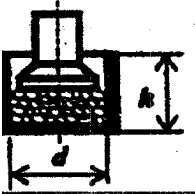
*Твердість* – це здатність матеріалу чинити опір місцевим деформаціям, які виникають тоді, коли в нього проникають інші, твердіші тіла.

Твердість металів, бетону, деревини та деяких інших матеріалів визначають, вдавлюючи у зразки з певним зусиллям кульку або наконечник (конус, піраміду). Ступінь твердості встановлюють за розміром відбитка. Число твердості за Брінеллем ( $HB$ ) визначають відношенням прикладеного навантаження  $P$  до площі поверхні відбитка  $F$  і обчислюють за формулою, МПа,

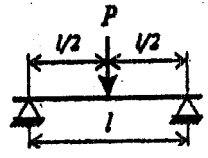
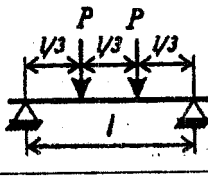
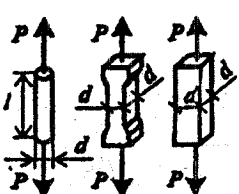
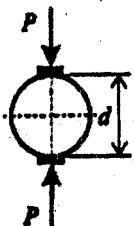
$$HB = P / F.$$

Ступінь твердості мінералів гірських порід визначають за шкалою порівняльної твердості Мопса, яка складається з десяти мінералів – еталонів: тальк – 1; гіпс – 2; кальцит – 3; плавиковий шпат – 4; апатит – 5; ортоклаз – 6; кварц – 7; топаз – 8; корунд – 9; алмаз – 10.

Таблиця 1.1 – Схеми стандартних методів визначення міцності при стиску

Зразок	Ескіз	Розрахункова формула	Матеріал	Розмір стандартного зразка, см
Куб		$R = \frac{P}{S}$	Бетон Розчин Природний камінь	10×10×10 15×15×15 20×20×20 7,07×7,07×7,07 5×5×5
Циліндр		$R = \frac{P}{S}$	Бетон Природний камінь	$d=15; h=30;$ $d= h=5; 7; 10; 15$ і ін.
Призма		$R = \frac{P}{S}$	Бетон Деревина	$a=10; 15; 20$ $h=40; 60; 80$ $a=2; h=3$
Складений зразок		$R = \frac{P}{S}$	Цегла	$a=12$ $b=12,5;$ $h=14$
Половина зразка-призми, виготовленого з цементно-піщаного розчину		$R = \frac{P}{S}$	Цемент	$a=4$ $S=25 \text{ см}^2$
Проба щебеню (гравію) у циліндрі		$D_p = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100$	Великий заповнювач для бетону	$d=15; h=15$

Таблиця 1.2 – Схеми стандартних методів визначення міцності при вигині й розтягуванні

Зразок	Ескіз	Розрахункова формула	Матеріал	Розмір стандартного зразка, см
Випробування на вигин				
Призма, цегла		$R_{виг} = \frac{3Pl}{2bh^2}$	Цемент	4×4×16
			Цегла	12×6,5×25
Призма		$R_{виг} = \frac{Pl}{bh^2}$	Бетон	15×15×15
			Деревина	2×2×30
Випробування на розтягування				
Стрижень, вісімка, призма		$R_p = \frac{4P}{\pi d^2}$ $R_p = \frac{P}{a^2}$	Бетон	5×5×50 10×10×80
			Сталь	$d = l$ $l = 5; l > 10d$
Циліндр		$R_p = \frac{2P}{\pi dl}$	Бетон	$d = 15$

*Водостійкість* – це здатність матеріалу зберігати фізико-механічні властивості у насиченому водою стані, характеризується коефіцієнтом розм'якшення  $K_p$ . Цей показник визначається відношенням міцності насиченого водою матеріалу до його міцності в сухому стані.

*Стиранність* – це властивість матеріалу чинити опір впливу стиральних зусиль. Стиранність залежить від твердості матеріалу і характеризується зменшенням маси на одиницю площі поверхні зразка, що стирається, й визначається за формулою, кг/м<sup>2</sup>

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

де  $m_1$  і  $m_2$  – маси зразка, відповідно, до й після стирання, кг; F – площа стиранок поверхні, м<sup>2</sup>.

Показник стиранності має вирішальне значення під час вибору матеріалу для підлог, дорожніх покриттів тощо.

*Ударна міцність* – це здатність матеріалу протидіяти руйнуванню при короткочасному навантаженні ударного характеру. Природні й штучні кам'яні матеріали, які застосовуються для влаштування доріг, підлог, фундаментів під молоти, зазнають у процесі експлуатації ударних впливів.

Ударна міцність  $R_{y\delta}$ , Дж/м<sup>3</sup>, характеризується роботою, затраченою на руйнування зразка матеріалу й віднесеною до одиниці об'єму матеріалу, і обчислюється за формулою

$$R_{y\delta} = nqh / V,$$

де  $n$  – кількість ударів;  $q$  – вага гирі, Н;  $h$  – висота її падіння, м;  $V$  – об'єм зразка, м<sup>3</sup>.

*Опір зношуванню* визначають переважно для дорожніх матеріалів, а також для матеріалів підлог, які в процесі експлуатації зазнають одночасної дії стирання та ударів. Зношування визначають у спеціальних барабанах із кулями за втратою маси завантаженого в прилад матеріалу (% до початкової маси).

*Деформативні властивості.* Під дією зовнішніх сил у будівельних конструкціях виникають деформації різного походження. Деформативні властивості матеріалів визначаються пружністю, пластичністю, крихкістю.

*Пружність* – це здатність твердого тіла деформуватися під дією зовнішніх сил і самочинно відновлювати початкову форму та об'єм після припинення дії навантаження. Пружну деформацію, яка повністю зникає із зняттям зовнішніх сил, називають оборотною. Якщо форма тіла відновлюється частково, то мають місце залишкові деформації. Для деяких високо еластичних матеріалів, наприклад, каучуку, пружна деформація може перевищувати 100 % внаслідок розриву зв'язків випрямлених молекул, тобто об'єм матеріалу після зняття навантаження може бути більший за початковий.

*Границя пружності* – це те найбільше напруження, при якому залишкові деформації мають найменше (допустиме за нормами) значення, тобто матеріал практично зазнає оборотних пружних деформацій.

Модуль пружності  $E$ , МПа, характеризує жорсткість матеріалу, тобто здатність його деформуватися під дією зовнішніх сил.

*Пластичність* – це властивість матеріалу змінювати без руйнування форму та розміри під впливом навантаження або внутрішніх напружень, стійко зберігаючи утворену форму і розміри після припинення цього впливу. Такі пластичні (залишкові) деформації називають необоротними.

*Крихкість* – це властивість твердих матеріалів руйнуватися під впливом механічних напружень, які в них виникають, без помітної пластичної деформації. Ця властивість протилежна пластичності.

*Повзучість* – це властивість матеріалів повільно та безперервно деформуватися під впливом постійного навантаження. Для деяких матеріалів (бетону, гіпсових, азбестоцементних виробів) ця здатність спостерігається при звичайних температурах, для металів – при підвищених.

### 1.3 Хімічні властивості

*Хімічні властивості* характеризують здатність матеріалу до хімічних перетворень при взаємодії з речовинами, що контактують з ним. До них належать: розчинність, кислотостійкість, лугостійкість, токсичність та інші.

*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 руйнуватись під впливом речовин, з якими він стикається у процесі експлуатації.

Корозійному руйнуванню піддаються не тільки метали, але й кам'яні матеріали, бетони, пластмаси, деревина. Корозія обумовлена хімічними та електрохімічними процесами, які відбуваються у твердих тілах при взаємодії із зовнішнім середовищем.

### 1.4 Технологічні властивості

Група технологічних властивостей характеризує здатність матеріалу до сприйняття певних технологічних операцій, виконуваних з метою зміни його форми, розмірів, характеру поверхні, щільності тощо. До них відносять, наприклад, формувальність, подрібнюваність, розпилюваність, пробійність, полірувальність.

*Формувальність* характеризує здатність матеріалу набирати певної форми внаслідок різних механічних впливів (вібрування, пресування, видавлювання, прокатування). Вона залежить від в'язкопластичних властивостей вихідних мас (глиняне тісто, розчинові і бетонна суміш, полімерні маси).

*Подрібнюваність* – це здатність матеріалу до диспергації внаслідок механічної дії переважно ударних навантажень з утворенням зернистого матеріалу у вигляді щебеню та піску.

*Розпилюваність* – це здатність матеріалу сприймати пиляння без істотного порушення структури. Прикладами матеріалів, що піддаються розпилюванню, є деревина, м'які гірські породи.

*Пробійність* виражає здатність матеріалу утримувати цвяхи й шурупи за певних умов висмикування. Висока пробійність притаманна деревині та ніздрюватуому бетону.

*Полірувальність* – це здатність матеріалу сприймати обробку тонкими абразивними матеріалами. При цьому створюється гладенька блискуча



поверхня. Найчастіше поліруванню піддають природні кам'яні матеріали (мармур, граніт, кварцит).

Для матеріалів несучих і конструкцій, що обгороджують, вона повинна бути не менш терміну служби будинку й споруди. Довговічність оздоблювальних матеріалів може бути нижче, оскільки вона корегується строками морального старіння матеріалу.

*Надійність* - одне з основних комплексних властивостей матеріалу, що визначає його здатність виконувати свої функції протягом заданого часу й за даних умов експлуатації, зберігаючи при цьому в певних межах установлені характеристики. Надійність матеріалу залежить від сукупності багатьох факторів, що визначають умови виробництва, транспортування, зберігання, обробки, застосування й експлуатації. Основні значення надійності полягають у відмові або раптовому погіршенню властивостей матеріалу нижче рівня бракувального показника, яким обумовлена його працездатність. Висока надійність важлива для конструкційних матеріалів, що працюють в екстремальних умовах (високі напруги, температура, агресивне середовище й т.п.) і при малих запасах міцності.

Показники довговічності й надійності будівельних матеріалів багато в чому визначають витрати на експлуатацію (і насамперед на ремонт) будинків і споруд.

*Сумісність* – це здатність різнорідних матеріалів, виробів або компонентів композиційних матеріалів, виробів і конструкцій утворювати міцні й надійні нероз'ємні з'єднання й стабільно виконувати при цьому необхідні функції протягом заданого часу.

### **Завдання для самостійної роботи**

1. Проаналізувати на прикладах вплив пористості й вологості на величину коефіцієнта теплопровідності.

2. Навести класифікацію будівельних матеріалів за вогнестійкістю і вогнетривкістю. Дати приклади використання цих властивостей.

3. Проаналізувати хімічні властивості будівельних матеріалів. Наведіть приклади.

4. Дати характеристику технологічних властивостей будівельних матеріалів. Наведіть приклади.

## Лекція 2 ПРИРОДНІ КАМ'ЯНІ МАТЕРІАЛИ

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 природні мінеральні утворення, які сформувались внаслідок геологічних процесів у земній корі, відрізняються ступенем щільності, складаються з одного або кількох мінералів, характеризуються відносно сталим мінералогічним складом, певними будовою та властивостями і мають досить великі площі залягання. Генетична класифікація гірських порід дозволяє систематизувати знання про ці будівельні матеріали (рис. 2.1)

*Природні мінерали* – це новоутворення, що відрізняються постійними хімічним складом, структурою, властивостями та беруть участь у формуванні гірських порід.

У сучасному будівництві визначилися такі основні напрями використання згаданих матеріалів:

- штучне каміння та вироби для зведення стін будівель, улаштування підлог, сходів тощо;
- облицювальні вироби – плити, каміння, профільовані вироби;
- каміння та вироби для дорожнього будівництва – брущатка, шашка для брукування, плити, бордюри, камінь;
- каміння та вироби різних типів для гідротехнічних та інших споруд;
- нерудні матеріали – бутовий камінь, заповнювачі для бетону (щебінь, гравій, пісок).

Гірські породи широко застосовують як сировину для одержання мінеральних в'язучих речовин, кераміки та інших матеріалів (табл.2.1).

Таблиця 2.1 – Области застосування гірських порід

Области застосування	Вид матеріалів та виробів	Гірські породи, які рекомендуються
Укладання стін	Каміння та блоки	Пористі вапняки, опоки, вулканічні туфи, у яких середня густина не більше 2100 кг/м <sup>3</sup> ; коефіцієнт розм'якшення не менше 0,6
Зовнішнє облицювання	Каміння і плити, архітектурно-будівельні вироби	Граніти, сієніти, габро, щільні вапняки
Внутрішнє облицювання	Каміння і плити, архітектурно-будівельні вироби	Мармури, пористі вапняки (травертин, черепашник), вулканічні туфи
Покриття підлоги	Поліровані або шліфовані плити	Граніт, сієніт, лабрадорит, мармур
Дорожнє будівництво	Бордюрний камінь, камінь для брукування (брущатка, шашка), тротуарні плити	Граніт, діорит, габро, базальт
Гідротехнічні споруди	Каміння колоте й пиляне, щебінь, гравій	Граніти, сієніти, діабаз
Футерування апаратів та установок, які зазнають дії кислот, лугів, солей, агресивних газів	Тесані плити, цегла, бруски, фасонні вироби потрібної форми, щебінь	Для захисту від дії кислот: граніт, сієніт, базальт, андезит, кварцит, а від дії лугів: щільні вапняки, доломіти, магнезити, мармури. Для жаростійких облицювань: базальт, діабаз, вулканічні туфи
Заповнювачі для важких бетонів та розчинів	Щебінь, гравій, пісок	Граніт, сієніт, діорит, базальт, кварцит, щільні вапняки, кварц
Заповнювачі для легких бетонів	Щебінь, пісок	Пористі вапняки, опоки, вулканічні туфи, пемза
Сировина для виробництва штучних виробів і матеріалів	Скло, кераміка, мінеральні в'язучі	Глинисті породи, діатоміти, трепел, пісок, вапняки, гіпс, магнезит, доломіт

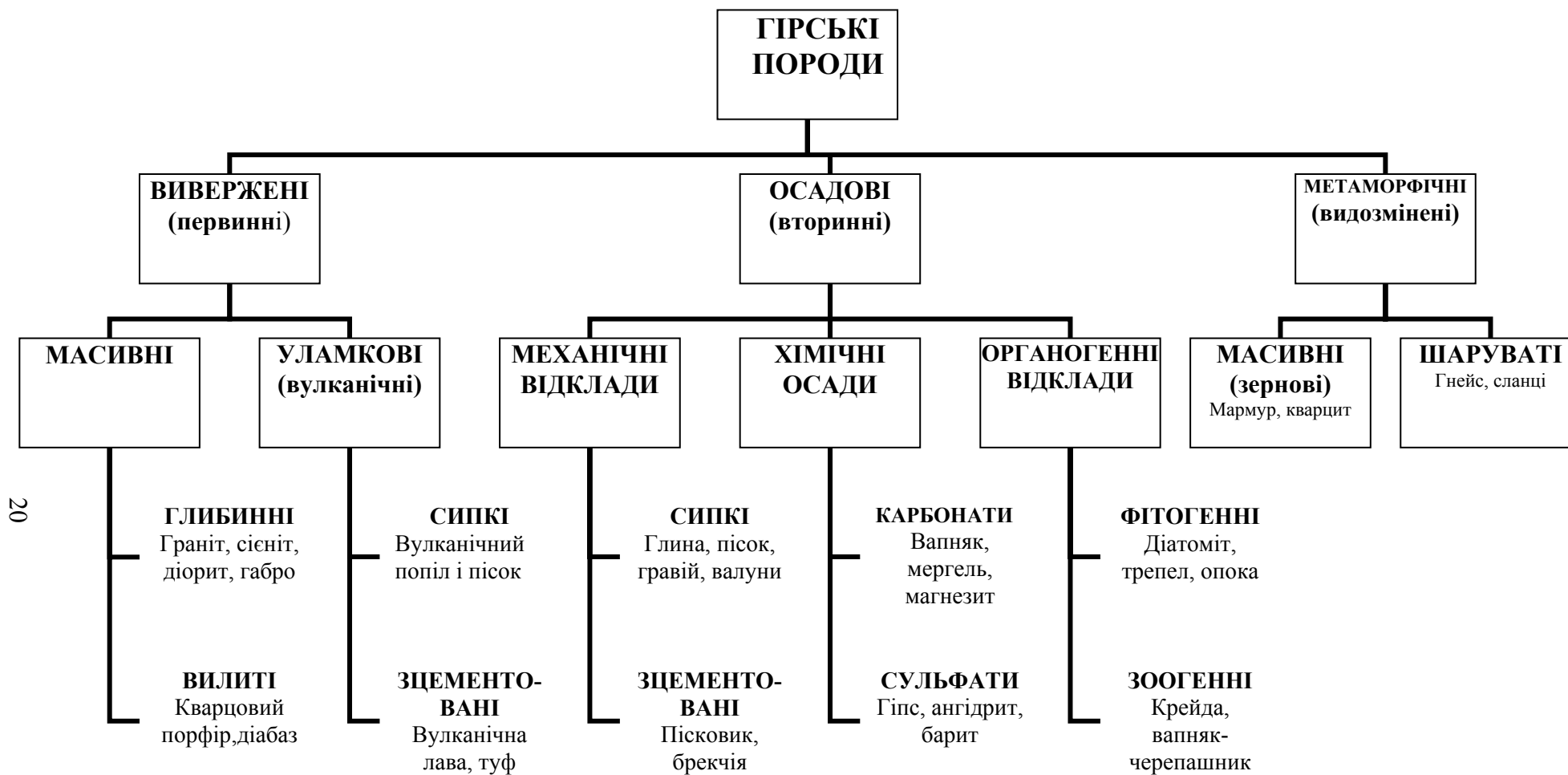


Рис. 2.1 - Генетична класифікація гірських порід

Таблиця 2.2 – Характеристика найголовніших гірських порід

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 украленнями	Сірий, бурий, чорний	Кислототривкі вироби, щебінь

Продовження табл. 2.2

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
<i><b>Осадіві породи</b></i>						
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, вогнетривків, теплоізоляційних виробів, скла, буту, щебеню
Магнезит	2900...3000	120...200	Магнезит	Приховано кристалічна	Світло-сірий	Виготовлення каустичного магнезиту, вогнетривких виробів

Продовження табл. 2.2

Вапняк щільний	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

Продовження табл.2.2

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



## 2.1 Характеристика породотвірних мінералів

### 2.1.1 Група кварцу

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

*Кварц* ( $SiO_2$ ) – це кристалічна форма діоксиду силіцію. Міцний, твердий і стійкий мінерал земної кори. Міцність на стиск до 2000 МПа, твердість за Моосом – 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>. Спайність (здатність розколюватись при ударі по певних поверхнях) відсутня; злом нерівний; блиск скляний. Форма кристалів – шестигранні призми з шестигранними 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 мікро пористість 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.

### 2.1.2 Група алюмосилікатів

*Корунд* – це найтвердіший із мінералів (твердість за шкалою Мооса 9). Істинна густина 4 г/см<sup>3</sup>, колір різний, зазвичай блакитнуватий. Сизо-сірий. Зустрічається у вигляді короткостовпчастих кристалів або зернистих агрегатів. Глинозем використовують при виробництві високовогнетривких матеріалів.

*Діаспор* – це моногідрат глинозему ( $Al_2O_3 \cdot H_2O$ ), входить до складу бокситів, які використовуються при виробництві глиноземистого цементу.

Найчастіше глинозем зустрічається у природі у вигляді сполук з кремнеземом – алюмосилікатів, до яких відносять польові шпати, слюди, глинисті мінерали.

*Польові шпати* – це алюмосилікати калію, натрію, кальцію або 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.

### 2.1.3 Група залізисто-магнезіальних силікатів

*Авгіт* – це складний залізисто-магнезіальний 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 залізисто-магнезіальний 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.

#### **2.1.4 Група карбонатів**

*Кальцит*  $\text{CaCO}_3$  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.

*Магнезит*  $\text{MgCO}_3$  – 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*  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$  за властивостями займає проміжне положення між кальцитом і магнезитом.

#### **2.1.5 Група сульфатів**

*Гіпс*  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 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*  $\text{CaSO}_4$  – 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.

## **2.2 Будова та властивості гірських порід різного походження**

Характеристика найголовніших гірських порід (табл. 2.1) дозволяє правильно застосовувати їх у будівництві.

### **2.2.1 Вивержені породи**

**Вивержені масивні глибинні породи** утворилися внаслідок повільного і рівномірного охолодження магми під великим тиском. Магма охолоджувалася і залишалася на великій глибині у земній корі, що сприяло утворенню у породах мінералів зернисто-кристалічної будови без цементуючої речовини (гранітна будова).

Основні властивості цих порід: масивність залягання, високі середня густина та міцність при стиску, незначне водопоглинення, істотна морозостійкість, велика теплопровідність.

До вивержених глибинних порід належать граніт, сієніт, діорит, габро, лабрадорит.

**Вивержені масивні вилиті породи** утворилися внаслідок охолодження магми у вигляді лави на поверхні землі або близько до неї. Охолодження відбулося більш швидко і менш рівномірно при відносно швидкому спаданні тиску або навіть при атмосферному тиску. Такі умови не сприяли утворенню крупних кристалів і замість них утворювалися нові структури: приховано-кристалічна, дрібнокристалічна або навіть аморфна (склоподібна).

Усі вилиті породи мають спільний хімічний склад із аналогічними глибинними, але відрізняються за структурою. До таких порід відносять: кварцові та ортоклазові порфіри, порфірити, ліпарити, андезити, діабазити.

**Вивержені уламкові (вулканічні) породи** можуть бути сипкими і зцементованими. Сипкі порошкоподібні частинки (до 1 мм) називають вулканічним попелом, а крупніші – пемзою.

Вулканічний попіл та піски переважно складаються з вулканічного скла й аморфного кремнезему, насипна густина  $500 \text{ кг/м}^3$ . Вони є активними мінеральними добавками (пуцолановими). Пісок є заповнювачем для легких бетонів і розчинів.

*Пемза* – це спучене кисле вулканічне скло, середня густина якого становить  $300 \dots 600 \text{ кг/м}^3$ .

### 2.2.2 Осадкові породи

**Механічні відклади (уламкові породи)** утворилися внаслідок руйнування гірських порід різного походження. Сипкі механічні відклади розрізняють за крупністю зерен. Найкрупнішими є *валуни* (понад 300 мм) та *булижники* (150...300 мм). *Гравій* – це обкочені зерна розмірами від 5 до 150 мм. Піски є сипкою сумішшю кварцових та інших зерен розмірами від 0,16 до 5,0 мм. Дрібніші зерна називають пилюватими частинками: це нанесені вітром відклади – *лес*, а також найтонкіші відклади, нанесені водою – *мул*. Найбільш дисперсними є *глини*, розмір зерен яких не перевищує 0,005 мм.

За хімічним составом глини – це водні алюмосилікати з різними домішками. Найпоширеніші мінерали глин – каолінит, монтморилоніт, галуазит.

Зцементовані зерна піску називають *пісковиком*, а зцементовані обкачані зерна гравію – *конгломератом*, а гострокутні – *брекчією*.

**Хімічні осади (хемогенні породи)** утворилися внаслідок випадання в осад речовин, що перейшли у водний розчин під час руйнування гірських порід. Вони є наслідком зміни умов середовища, взаємодії розчинів різного складу і випарування. До них відносять вапняки, вапнякові туфи, магнезити, доломіти, гіпси, ангідрити, барити.

**Органогенні відклади** утворилися внаслідок відкладання морських організмів.

*Діатоміт* складається з аморфного опало подібного кремнезему  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Колір білий, сірий, жовтуватий.

*Трепел* за зовнішнім виглядом, складом та властивостями дуже подібний до діатоміту, але містить аморфний кремнезем переважно у вигляді дрібних кульок опалу

*Опока* – порода, утворена внаслідок ущільнення й цементування трепелів та діатомітів. Цементуючою речовиною є аморфний кремнезем, іноді карбонат кальцію (вапняна опока). Має середню густину 600...1800 кг/м<sup>3</sup>; міцність при стиску 5...15 МПа; легко піддається обробці. Застосовують як стіновий матеріал, заповнювач для легкого бетону.

*Крейда* - біла, м'яка вапнякова порода, затверділий морський осад. На 90..98% складається з CaCO<sub>3</sub>, містить домішки глинистих частинок. Її застосовують для виробництва вапна, цементу й скла, приготування фарб, замазок, шпаклівок тощо.

*Вапняк-черепашиник* – це пориста порода, що складається з черепашок і панцирів молюсків, слабо зцементованих вапняковою речовиною, містить домішки глини, кремнезему. Має середню густину 800...1800 кг/м<sup>3</sup>; міцність при стиску 0,4...15 МПа; легко піддається розпилюванню.

### **2.2.3 Метаморфічні породи**

*Гнейси* є найпоширенішим серед видозмінених вивержених порід. За мінеральним складом, середньою густиною та міцністю вони подібні до гранітів, з яких утворилися в умовах метаморфізму, але мають сланцювату будову. Така структура полегшує видобування й обробку породи, але зменшує міцність, морозостійкість і стійкість проти вивітрювання. Застосовують гнейси для укладання фундаментів, бутової кладки, брукування доріг.

*Мармури* утворилися внаслідок перекристалізації вапняків або доломітів під впливом високих температур і тисків.

## **2.3 Класифікація та характеристика матеріалів і виробів із природного каменю**

Галузі застосування природного каменю дуже різноманітні. Камінь підлягає механічній обробці та використовується у безпосередньому вигляді. Гірські породи є також цінною сировиною для одержання інших будівельних матеріалів.

Природні кам'яні матеріали і вироби класифікують за такими ознаками:

- за середньою густиною:  
важкі ( $\rho_0 > 1800 \text{ кг/м}^3$ ) та легкі ( $\rho_0 \leq 1800 \text{ кг/м}^3$ );
- за міцністю при стиску (кгс/см<sup>2</sup>): марки: М4, М7, М10, М15, М25, М35, М50, М75, М100, М125, М200, М300, М400, М500, М600, М800, М1000 (відповідно у МПа від 0,4 до 100);
- за морозостійкістю: марки: F10, F15, F25, F50, F100, F200, F300, F500;
- за коефіцієнтом розм'якшення: 0,6; 0,75; 0,8; 0,9; 1,0.

Коефіцієнт розм'якшення каменю для зовнішніх стін споруд повинен бути не меншим, ніж 0,6, а для фундаментів, дорожніх та гідротехнічних споруд – не менше 0,8.

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

До грубооброблених 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 кане 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 паралелепіеди). 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 умови їх експлуатації надзвичайно суворі. До дорожніх матеріалів і виробів відносять: брущатий камінь; колотий і буличний камінь; тротуарні плити і бордюри не каміння.

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

*Колотий і буличний 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).

*Каміння для гідротехнічних споруд.* Для річкових та морських гідротехнічних споруд застосовують каміння правильної та неправильної геометричних форм. Каміння неправильної форми – рваний камінь, який одержують підриванням гірських порід, обкочений камінь (валуни, буличники), щебінь і гравій – використовують для улаштування гребель, дамб, берегових укріплень та інших споруд. Каміння правильної форми використовують для облицювання набережних, шлюзів тощо. До всіх матеріалів ставляться підвищені вимоги не лише по міцності, а й щодо водо- та морозостійкості. Особливо несприятливими є умови експлуатації матеріалів у зоні змінного рівня води, де під час замерзання можуть утворюватися льодові скупчення, які спричиняють значні внутрішні напруження. Захисне облицювання в цій зоні виконують із щільних вивержених порід з водопоглиненням не більше 1%, міцністю при стиску не нижче 80...100 МПа і морозостійкістю не менше 300 циклів (це граніти, сієніти, діабазити та інші).

*Хімічно стійкі та жаростійкі матеріали й вироби.* Численні гірські породи використовують для футерування різних апаратів та установок, які зазнають дії кислот, лугів, солей і агресивних газів, а також впливу високих і різко змінних температур і тисків. Із щільних кислототривких гірських порід виготовляють тесані плити, цеглу, бруски, фасонні вироби потрібної форми. У подрібненому вигляді ці породи використовують як заповнювачі в кислототривких бетонах. Для захисту від дії кислот використовують граніт, сієніт, базальт, андезит, кварцит, а від дії лугів – карбонатні породи: щільні вапняки, доломіти, магнезити, мармури. Для жаростійких облицювань застосовують вироби з базальту, діабазу, вулканічних туфів.

## 2.4 Використання відходів видобування і обробки гірських порід

При видобуванні, обробці й переробці гірських порід у кар'єрах та каменеобробних заводах утворюється багато відходів, кількість яких може сягати 80 % від об'єму порід, що розробляються. З економічної та екологічної точок зору доцільно використовувати ці відходи для виготовлення інших будівельних матеріалів та виробів. Найчастіше – це декоративні щебінь і пісок, штучні блоки та декоративні плити.

*Декоративні щебінь і пісок* – переважно сировинний облицювальний високо декоративний фракціонований (розподілений на зерна певних розмірів) матеріал. Міцність при стиску гірських порід, з відходів яких виготовляють декоративні щебінь і пісок, повинна бути не меншою 80, 40 та 30 МПа, відповідно, для вивержених, метаморфічних і осадових порід.

Готовий щебінь повинен мати марку за морозостійкістю не менше F15. Обмежується також наявність у щебені пластинчастих та голчастих зерен (до 35 % за масою). У щебені і піску обмежується кількість пилюватих домішок (від 1 до 5 % за масою).

Декоративні щебінь і пісок застосовують для оздоблення лицьових поверхонь бетонних і залізобетонних елементів будівель, виготовлення штучних блоків і декоративних плит.

*Штучні блоки* виготовляють з бетонних сумішей на основі декоративних щебеню і піску та портландцементу. Готові вироби призначені для наступної переробки на плити, які використовуються для влаштування покриттів підлог і елементів сходів та облицювання стін і колон.

### Завдання для самостійної роботи

1. Написати реферат за темою: «Перспективи розвитку мінерально-сировинної бази промисловості будівельних матеріалів України»
2. Розглянути проблеми довговічності та захист кам'яних матеріалів від корозії.
3. Скласти таблицю найважливіших вивержених гірських порід, вказати їх середню густину, межу міцності при стиску та мінералогічний склад.
4. Охарактеризувати технічні властивості гірських порід осадового походження, які використовуються у будівництві.
5. Охарактеризувати технічні властивості гірських порід метаморфічного походження, які використовуються у будівництві.

### Лекція 3

## КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

**Керамічними** називають матеріали і вироби, які одержують формуванням і подальшим випалюванням глинистої та інших видів мінеральної сировини з різними добавками або без них.

Як *глинисту* сировину використовують глини, суглинки, глинисті сланці, аргіліти, леси. Можуть бути застосовані також інші види мінеральної сировини, в тому числі діатоміти, трепели, кварцити, магнезити, боксити, хромисті залізняки та деякі промислові відходи. Для одержання технічної кераміки використовують чисті оксиди алюмінію, кальцію, магнію, діоксиди цирконію, торію тощо. Таку кераміку застосовують, наприклад, в радіо- та космічній техніці.

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. У стародавній Греції перший храм Гери в Олімпії (VI ст. до н.е.) мах дах з черепиці та прикраси з теракоти. З керамічної цегли У Стародавньому Римі будували 3...4- поверхові будинки, а також арки і мости.

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. Випуск керамічної цегли становить майже половину обсягу виробництва всіх стінових матеріалів. Керамічні облицювальні плитки й досі лишаються основними матеріалами для опорядження санітарних вузлів та багатьох інших приміщень. Не втратили свого значення і керамічні матеріали для зовнішнього облицювання будівель. 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.



### 3.1 Класифікація керамічних матеріалів

За **призначенням** керамічні матеріали та вироби поділяють на такі види: стінові (цегла, порожнисті камені); покрівельні (черепиця); елементи перекриттів; 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 дорожніх 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 **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 землястий 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 **способом формування** керамічні матеріали поділяють на матеріали, одержані пластичним формуванням, напівсухим пресуванням або шлікерним способом.

### 3.2 Сировина для виробництва керамічних матеріалів

Сировину для виробництва будівельної кераміки поділяють на пластичну і непластичну. До **пластичної сировини** відносять глинисті породи, які забезпечують одержання зв'язної, зручної до формування маси і міцного водостійкого черепка після випалювання. **Непластична сировина** - це добавки, які покращують технологічні властивості формувальної суміші (полегшують сушіння, зменшують усадку, знижують температуру випалювання) і надають готовим виробам потрібних властивостей (пористості, теплопровідності, кольору тощо).

**Спіснювальні добавки** вводять у керамічну масу, щоб знизити пластичність і зменшити повітряну та вогневу усадки за рахунок меншої водопотреби формувальної маси. Для цього використовують шамот, де гідратовану глину, кварцовий пісок, гранульований шлак, золу ТЕС. Шамот – це зернистий порошок із зернами 0,16...2,5 мм, який отримують подрібненням

попередньо випаленої до спікання глини. Шамот поліпшує сушильні властивості глин. Дегідратовану глину одержують її випалюванням при температурі 700...750 °С з наступним подрібнюванням.

*Плавні* знижують температуру випалювання й спікання глини, підвищують щільність виробів. Як плавні використовують польові шпати, залізну руду, доломіт тощо. Вони здатні утворювати з  $\text{SiO}_2$  та  $\text{Al}_2\text{O}_3$  більш легкоплавкі силікатні розплави.

*Поротвірні добавки* вводять у сировинну масу для одержання легких керамічних виробів. Такими добавками є магнезит, крейда, доломіт, які під час випалювання виділяють  $\text{CO}_2$ , а також вигоряючі добавки – тирса, відходи вуглезбагачувальних фабрик, золи ТЕС, лігнін, подрібнене буре вугілля.

*Пластифікуючі 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 лігносульфонату технічного ЛСТ).

### **3.3 Матеріали для декорування (глазур, ангоби, керамічні фарби)**

*Глазур* – це склоподібне покриття, завтовшки 0,1...0,2 мм, яке наносять на поверхню керамічного виробу і закріплюють випалюванням. Крім підвищення декоративних властивостей, глазур знижує водопроникливість, підвищує міцність та атмосферостійкість керамічних виробів. Основні компоненти глазури: кварц, польовий шпат, каолін, солі лужних та лужноземельних металів. Глазурі наносять методами занурення, поливання або пульверизацією на попередньо випалені вироби у вигляді водної суспензії. При випалюванні тверда речовина глазури розплавляється у вигляді тонкої плівки.

*Ангоб* виготовляють з білої або кольорової глини. Ангоб при випалюванні не розплавляється і надає виробу матової поверхні.

*Керамічні фарби* – це забарвлені мінеральні сполуки металів із керамічними масами і глазурями, утворені у процесі випалювання. Барвниками в них є природні або штучні пігменти (наприклад, графіт – сірий, оксид заліза – коричневий, оксид хрому – зелений).

### **3.4 Основи технології керамічних матеріалів і виробів**

Обробка глинистої сировини може бути природною (використання атмосферних процесів – зволоження і висихання, заморожування і відтавання, вивітрювання), механічною (рихлення, подрібнення з видаленням каміння, дозування з добавками, тонке подрібнення) та комбінованою, з фізико-хімічною обробкою (паро зволоженням, вакуумуванням), введенням спеціальних добавок (пластифікуючи, спіснювальних, вигоряючих) та вилежуванням обробленої маси у шихтозапасниках.

Природний спосіб обробки сировини вимагає багато часу, великих площ і не забезпечує повного видалення кам'янистих включень. Механічний спосіб є більш ефективним.

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 °С, тривалість сушіння 30...72 год.

### **3.5 Характеристика керамічних виробів різного призначення**

#### **3.5.1 Стінові вироби**

До дрібно розмірних виробів належать керамічна цегла та камені, до великорозмірних – стінові блоки і панелі. Цегла має такі розміри: одинарна – 250 × 125 × 65 мм, потовщена – 250 × 120 × 88 мм. Камені виготовляють таких розмірів: 250 × 120 × 138 мм (звичайний), 288 × 138 × 138 мм (модульний). Державний стандарт дозволяє за згодою зі споживачами виготовляти цеглу і камені з іншими розмірами. Цегла може бути повнотілою або порожнистою, а камені тільки порожнистими. Кількість, розміщення і форма порожнин дуже різноманітні.

За точністю розмірів і зовнішнім виглядом цегла та керамічні камені мають задовольняти вимоги стандарту. Недопал чи перепал цегли і каменів не допускаються.

За середньою густиною і теплопровідністю у сухому стані цеглу і камені поділяють на три групи:

а) ефективні, які поліпшують теплотехнічні властивості стін і дають змогу зменшити їхню товщину порівняно з товщиною стін виготовлених із звичайної цегли.

До цієї групи належать цегла і камені середньою густиною до 1400 - 1450 кг/м<sup>3</sup>; теплопровідність цих виробів становить не більше 0,46 Вт/(м · К).

б) умовно ефективні - цегла і камені середньою густиною до 1600 кг/м<sup>3</sup>; теплопровідність цих виробів становить від 0,46 до 0,58 Вт/(м · К) включно;

в) цегла звичайна середньою густиною понад 1600 кг/м<sup>3</sup>; теплопровідність цих виробів становить більше 0,58 Вт/(м·К).

Керамічну цеглу, залежно від границі міцності при стиску і згині, а камені - тільки при стиску, 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. Це означає, що вони повинні витримувати у насиченому водою стані без помітних ознак руйнування відповідно не менше 15, 25, 35 та 50 циклів наперемінного заморожування і відтавання.

### **3.5.2 Вироби спеціального призначення**

*Керамічна черепиця* – давній покрівельний матеріал, який завдяки довговічності, вогнестійкості і високим декоративним якостям не втратив свого значення до наших часів. Черепиця поділяється на види: штампована – пазова, марсельська, голландська, S-подібна, гребенева; пластичного формування – стрічкова пазова, плоска та S- подібна; напівсухого пресування – плоска типу «бобровий хвіст».

До недоліків черепиці належать: велика маса, крихкість, значна трудомісткість влаштування покрівлі і необхідність підготовки міцної кроквової системи з великим нахилом для швидкого стікання води.

*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 агресивними середовищами.

*Санітарно-технічна кераміка.* До цих виробів належать ванни, раковини, унітази та інше обладнання санітарно-технічних вузлів житлових та виробничих приміщень.

*Вогнетривкі вироби* застосовують для будівництва промислових печей, топків і агрегатів, що працюють при високих температурах. Найширше застосовують кремнеземисті та алюмосилікатні, а також магнезійні та хромисті вогнетриви.

*Легкі заповнювачі* – керамзит і аглопорит – одержують при випалюванні легкоплавких глинистих порід.

### **Завдання для самостійної роботи**

1. Розглянути питання про довговічність кераміки та способи її підвищення
2. Ознайомитися з методиками визначення технічних характеристик керамічних матеріалів.
3. Дати характеристику основним вогнетривким керамічним матеріалам.
4. Ознайомитися з продукцією українських підприємств із виготовлення санітарно-технічних виробів.
5. Написати реферат про традиційні керамічні матеріали для різних країн.
6. Розглянути основи технології керамічних теплоізоляційних матеріалів.

## Лекція 4

# МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ З МІНЕРАЛЬНИХ РОЗПЛАВІВ І МЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ

### 4.1 Матеріали з мінеральних розплавів

Спільною ознакою будівельних матеріалів і виробів із мінеральних розплавів є силікатна основа, тобто в їхньому складі переважає оксид силіцію  $SiO_2$  та сполуки на його основі – силікати.

Сировиною для силікатних розплавів є поширені гірські породи (піски, глини, базальти, діабазы, граніти, гнейси, сієніти, сланці, серпентини тощо), побічні продукти й відходи промисловості (металургійні шлаки, золи та шлаки ТЕС, скло бій). Характерною особливістю силікатних розплавів є здатність при швидкому охолодженні переходити в склоподібний стан – аморфний різновид твердого стану.

Залежно від виходу вихідної сировини розрізняють матеріали та вироби на основі скляних, кам'яних та шлакових розплавів. При введенні до силікатного розплаву спеціальних добавок (кристалізаторів) і виборі відповідного режиму термічної обробки можна одержати склокристалічні матеріали (ситали, шлакоситали).

Перші центри скловаріння виникли в Єгипті та Месопотамії, причому єгиптяни віддавали перевагу кольоровому склу, а в Месопотамії виготовляли переважно прозоре скло. Археологами виявлені залишки давніх скляних майстерень на східному березі Нілу, що існували приблизно 3400 років тому. Пізніше скло почали виготовляти в Мікенах (Греція), Китаї та Індії.

#### 4.1.1 Сировина, технологія отримання та властивості скла

Скло – універсальний і дивовижний матеріал. Його виробництво базується на складній послідовності технологічних операцій, параметри яких в першу чергу залежать від сировинних матеріалів, що входять до складу шихти.

**Сировинні матеріали** для виробництва скла умовно поділяють на основні й допоміжні (табл.4.1).

Основні матеріали містять оксиди, які утворюють структуру скла й визначають його властивості. Так, оксид  $Na_2O$  прискорює процес варіння, знижуючи температуру плавлення, але зменшує хімічну стійкість скла. Оксид  $CaO$  підвищує хімічну стійкість, оксид  $Al_2O_3$  підвищує міцність, термічну і хімічну стійкість, оксид  $PbO$  підвищує показник світлозаломлення.

Допоміжні матеріали вводять для покращення реологічних характеристик скломаси, прискорення її варіння, забарвлення, освітлювання, сприяння кристалізації тощо.

Сировинні матеріали можуть застосовуватися як у вигляді природної сировини, так і у вигляді відходів хімічної, металургійної, гірничодобувної промисловості.

Технологія виготовлення скла та виробі на його основі передбачає такі операції та процеси: підготовку сировинних матеріалів, приготування скляної шихти, скловаріння, формування зі скломаси матеріалів та виробів, механічну, термічну й хімічну обробку виробів для підвищення експлуатаційних властивостей.

Таблиця 4.1 – Сировинні матеріали для виробництва скла

Групи матеріалів	Назва
<p><i>Основні матеріали</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- кремнеземисті, що містять <math>SiO_2</math>, 55...75 мас. %;</li> <li>- глиноземисті, що містять <math>Al_2O_3</math>, 2...25 мас. %;</li> <li>- лужноземельні, що містять <math>Na_2O</math> та <math>K_2O</math> до 15 мас. %.</li> </ul> <p><i>Допоміжні матеріали</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- модифікатори для надання склу спеціальних властивостей;</li> <li>- освітлювачі.</li> </ul>	<p>кварцовий пісок, мелений пісок і кварцити;</p> <p>технічний оксид алюмінію, гідроксид алюмінію, польові шпати, пегматити; каолін, граніт, вулканічний попіл сода, поташ, сульфати лужних металів.</p> <p>оксиди свинцю, барію, цинку, цирконію, титану, фосфору селітра, хлорид натрію</p>

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: силікатоутворення, 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 силікатоутворення зазвичай розпочинається при температурі майже 725 °С і завершується майже при 1150 °С.

З подальшим підвищенням температури в розплаві завершуються реакції силікатоутворення, відбувається взаємне розчинення силікатів і надлишкового кремнезему, внаслідок чого утворюється скломаса, насичена газовими бульбашками. Процес склоутворення зазвичай завершується при температурі майже 1250 °С.

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

Процес скловаріння завершується охолодженням скломаси на 300 °С, внаслідок чого вона набуває в'язкості, необхідної для формування виробі (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.

Відпалювання – обов'язкова операція при виробництві виробів. При швидкому охолодженні у виробках виникають великі внутрішні напруження, які можуть призвести до їх саморуйнування.

Гартування – ця операція застосовується для підвищення фізико-механічних характеристик скла і здійснюється доведенням скла до пластичного стану з подальшим різким охолодженням його поверхні.

Крім гартування, для покращення механічних властивостей застосовують травлення з наступним покриттям плівками, електрохімічну обробку поверхні, мікро кристалізацію.

Заключна стадія обробки включає операції шліфування, полірування, декоративної обробки.

**Властивості скла.** Структура скла зумовлює ряд його властивостей, у тому числі прозорість, міцність, стійкість до атмосферних впливів, водо- та газонепроникність.

Найбільш важливими для скла є не тільки оптичні властивості, але й механічні, оскільки його використання є багатоцільовим.

Оптичні властивості скла характеризуються прозорістю, світлопроникністю, світло поглинанням, світло відбиванням, світлорозсіюванням тощо. Звичайні віконні стекла пропускають видиму частину світлового спектра й не пропускають інфрачервоних та ультрафіолетових променів. Світло проникнення вимірюють коефіцієнтом пропускання, який визначається відношенням кількості світлової енергії, що пройшла крізь скло, до повної його енергії. Світло пропускання віконного скла при товщині 5 мм становить 84...87 % і залежить не лише від виду скла, а й кута падіння світлових променів.

У будівельних конструкціях скло зазнає дії розтягу вальних 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 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 фактора.

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 I групи найбільш вагомо знижують водостійкість скла. Найбільший вплив на підвищення хімічної стійкості стосовно води мають оксиди IV групи елементів:  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $ZrO_2$ .

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

#### 4.1.2 Матеріали та виробы зі скла

Таблиця 4.2 – Основні види виробів із будівельного скла і їхнє застосування

Вироби	Вид скла	Застосування
Листове будівельне та декоративне скло	Віконне та вітринне неполіроване Вітринне поліроване Візерункове кольорове та безбарвне, «Мороз» і «Заметіль» Армоване кольорове та безбарвне	Скління вікон, дверей, вітрин, ліхтарів верхнього світла, виготовлення елементів меблів, влаштування внутрішніх перегородок і огорож балконів

Листове скло зі спеціальними властивостями	Увілове (пропускає ультрафіолетові промені) Тепловбирне Тепловідбивне Теплозахисне Загартоване	Скління дитячих і лікувальних установ, спортивних і оздоровчих споруд, музеїв, бібліотек, електронагрівальних скляних споруд
Кольорове та художнє скло	Вітражне, забарвлене в масі або накладне, скляна мозаїка, смальта	Виготовлення художніх вітражів, напівпрозорих екранів, виготовлення художніх панно
Будівельні вироби	Скляні порожнисті блоки, лінзи, плитки, профільне скло, склопакети, труби, ніздрювате скло, скляне волокно	Заповнення світлових прорізів у стінах, перегородках, покриттях, спорудження стін неопалюваних споруд, улаштування внутрішніх перегородок, тепло- і звукоізоляційні вироби, напірні, безнапірні та вакуумні трубопроводи для транспортування агресивних речовин (крім плавикової кислоти).

Таблиця 4. 3 – Марки листового скла

Марка скла	Товщина, мм	Умовна назва	Рекомендована галузь застосування
M1	2...6	Дзеркальне поліроване	Виготовлення високоякісних дзеркал, вітрових стекол легкових автомобілів
M2	2...6	Дзеркальне	Виготовлення дзеркал загального призначення, безпечних стекол транспортних засобів
M3	2...6	Технічне поліроване	Виготовлення декоративних дзеркал, безпечних стекол транспортних засобів
M4	2...6	Віконне поліроване	Високоякісне скління світлопрозорих конструкцій
M5	2...6	Віконне непіроване	Скління світлопрозорих конструкцій, безпечних стекол для сільськогосподарських машин
M6	2...6	Те саме	Скління світлопрозорих конструкцій
M7	6,5...12	Вітринне поліроване	Високоякісне скління вітрин, вітражів
M8	6,5...12	Вітринне непіроване	Скління вітрин, вітражів, ліхтарів

### 4.1.3 Склокристалічні матеріали

*Склокристалічними* називають штучні полікристалічні матеріали, які одержують кристалізацією скла або кам'яного розплаву відповідного хімічного складу.

Сировиною для склокристалічних матеріалів є ті самі матеріали, що й для скла (з підвищеними вимогами щодо чистоти), а також спеціальні домішки – каталізатори (модифікатори), які інтенсифікують процес кристалізації скла.

**Ситали** - це склокристалічні матеріали, отримані зі скляних розплавів шляхом їх повної або часткової кристалізації. За структурою ситали являють собою композиційні матеріали зі склоподібної аморфної безперервної фазоматриці, наповненої дрібними кристалами скла. Середній розмір кристалів у ситалах 1-2 мкм, а товщина прошарків склофази не перевищує десятих часток мікрона. Об'єм кристалічної фази в ситалах досягає 90-95 %. Сировиною для виробництва ситалів є ті ж природні матеріали, що й для скла, але до чистоти сировини пред'являються дуже високі вимоги. Крім того, у розплав вводять добавки, каталізуючі кристалізацію при наступній термообробці. Як каталізатори кристалізації застосовують сполуки фторидів або фосфатів лужних і лугоземельних металів. Технологія виробництва виробів із ситалів не відрізняється від технології виробництва виробів зі скла, потрібно лише додаткова термічна обробка скла в кристалізаторі. Маючи полікристалічну будову, ситали, зберігаючи позитивні властивості скла, позбавлені його недоліків: крихкості, малої міцності при вигині, низької теплостійкості. По своїх фізико-технічних властивостях ситали витримують порівняння з металами. Твердість ситалів наближається до твердості загартованої сталі. Термостійкість виробів із ситалів досягає 1100 °С. Ситали мають високу стійкість до впливу сильних кислот (крім плавикової) і лугів. Окремі види ситалів відрізняються жаростійкістю й здатністю паятися зі сталлю. Міцність ситалів при стиску - до 500 МПа.

В будівництві ситали використовують для улаштування підлог промислових цехів, у яких можуть бути протоки кислот, лугів, розплавів металів, а також рух важких машин. Високу техніко-економічну ефективність дає застосування ситалів для виготовлення хімічних апаратів і труб для транспортування високоагресивних середовищ і теплообмінників. По зовнішньому вигляді ситали можуть бути темних, сірих, коричневих, кремових, світлих кольорів, глухі й прозорі.

**Шлакоситали** є різновидом ситалів, виробництво яких одержало найбільш широке розвиток. Це склокристалічні матеріали, одержувані шляхом керованої кристалізації скла, отриманого на основі металургійних шлаків, кварцового піску й деяких добавок. За зовнішнім виглядом шлакоситали - щільні, тонкозернисті й непрозорі матеріали. Густина шлакоситалів - 2500-2700 кг/м<sup>3</sup>, межа міцності при стиску до 650 МПа, термічна стійкість - до 750 °С. Можливе одержання також піношлакоситала густиною 300-600 кг/м<sup>3</sup>, міцністю при стиску 6-14 МПа й термічною стійкістю до 750 °С, що може

застосовуватися для теплової ізоляції трубопроводів теплотрас і промислових печей.

**Ситалопласти** - матеріали, виготовлені на основі фторопластів і ситалів, відрізняються більше високою хімічною стійкістю й зносостійкістю, чим кожний з компонентів окремо. Застосовуються для виготовлення виробів, що працюють в умовах, де ні ситали, ні фторопласт не задовольняють по зносостійкості до хімічного опору.

#### **4.1.4 Матеріали та вироби із кам'яного литва**

Литі кам'яні вироби – це штучні силікатні матеріали, одержані на основі розплавлених гірських порід: базальту, діабазу, доломіту, крейди тощо.

Змінюючи умови структуроутворення, одержують матеріали різної структури: щільні, ніздрюваті й волокнисті.

З кам'яного литва випускають вироби у вигляді плоских та вигнутих плиток, деталей жолобів, труб, штуцерів. Литі вироби світлих тонів застосовують у будівництві як облицювальний матеріал, архітектурні деталі, а також в інших галузях промисловості.

Плавлені вироби характеризуються великою середньою густиною (2900...3000 кг/м<sup>3</sup>). Через малу пористість (до 2%) і закритий характер пор вони мають низьке водопоглинення (до 0,22 %) і підвищену морозостійкість (до 500 циклів). Висока довговічність їх зумовлена підвищеними значеннями кислотою (98,6...99,8 %) та лугостійкості (до 90 %). Стиранність виробів становить 0,04...0,08 г/см<sup>2</sup>, тобто в 3...5 разів менша, ніж у граніту. Границя міцності при стиску становить 230...300 МПа, при згині 30...50 МПа. Литі кам'яні вироби відрізняються діелектричними властивостями та високою термостійкістю (до 900 °С).

*Волокнисті матеріали* виготовляють на основі мінерального волокна. Як сировину використовують вивержені гірські породи (габро, базальт, діабаз, сієніт) або метаморфічні (гнейси, слюдяні сланці). З мінеральних розплавів виготовляють мінеральну вату та вироби на її основі. Високі теплоізоляційні властивості мінеральної вати зумовлюються її малою середньою густиною за рахунок високої пористості (93...95 %). Мінеральна вата не сприяє розвитку грибів, проте, внаслідок виділення останніми органічних кислот, вона може руйнуватися. Мінеральну вату застосовують як тепло- та звукоізоляційний матеріал, а також як основу для виготовлення різних виробів (шнури, джгути, плити, циліндри, сегменти тощо).

Відходи скла у різних країнах складають 28-38 % всіх побутових відходів. Крім того значні відходи скла утворюються на самих скляних заводах й у будівництві. У зв'язку із цим їх утилізація з метою захисту довкілля є важливим екологічним завданням, що у промисловості будівельних матеріалів знаходить певне рішення. У наш час деякі фірми для виробництва склотари використовують 90 % скляного бою. У США й Канаді побудовано більше 30 експериментальних доріг з використанням більше 50 % склобою як заповнювача. Ця добавка поліпшує гальмування й збільшує довговічність доріг. Значне застосування

відходів скла знайшли у виробництві оздоблювальних скляних матеріалів і виробів, а також блокового й гранульованого піноскла. Відходи шліфування скла застосовуються як кремнеземистий компонент для заміни меленого піску при виробництві автоклавних силікатних виробів. Відходи каменездобичі й каменепилення найбільш значні в використанні по обсязі в порівнянні з іншими відходами промисловості. Використання їх у виробництві виробів з кам'яних розплавів є важливим напрямком їх раціонального застосування. На металургійних заводах країн СНД щорічно утворюється більше 90 млн. т доменних шлаків. Значна частина їх використовується у виробництві шлакопортландцементу, шлакової пемзи, шлакового щебеню, шлаковати, шлакосилікатів.

### **Завдання для самостійної роботи**

1. Ознайомитися з вимогами відповідних ГОСТів до якості листового будівельного та декоративного скла і письмово відповісти на запитання:
  - 1.1. Які для скла допускаються недоліки в невеликій кількості ?
  - 1.2. Які стандартні типорозміри скла?
  - 1.3. Для чого рекомендовано використовувати армоване скло та листове скло зі спеціальними властивостями?
2. Навести технологію виготовлення багатошарового ламінованого скла «триплекс».
3. Охарактеризувати будівельні вироби зі скляних розплавів. Навести їх номенклатуру і дати рекомендації щодо використання.
4. Навести технологію виготовлення декоративних облицювальних виробів.
5. Порівняти властивості склокристалічних і аморфних матеріалів.
6. Обґрунтувати можливість використання відходів у виробництві плавлених силікатних виробів.
7. Навести приклади використання відходів.

## **4.2 Металеві матеріали**

### **4.2.1 Загальна характеристика 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. Розташування атомів (іонів) у кристалічній речовині зображують у вигляді елементарної комірки, яка є найменшим комплексом атомів. Багаторазове повторення її відображає розташування атомів у об'ємі всієї речовини.

Кристалічна будова реальних металів і сплавів не є ідеальною, тобто періодичність розташування атомів (іонів) у кристалічній ґратці порушується чисельними мікро дефектами.

Під час поліморфних перетворень змінюється будова кристалічної ґратки металу та його властивості – об'єм, пластичність, здатність розчиняти в собі різні домішки тощо.

Метали й сплави поділяють на чорні й кольорові. До чорних металів належать залізо та сплави на його основі (чавун, сталь, феросплави), а до кольорових – мідь, алюміній, цинк, нікель та ін. Як правило, використовують не чисті метали, а їхні сплави, що дає змогу підвищити властивості кінцевого продукту.

#### **4.2.2 Основні властивості металів**

Особливості структури металів обумовлюють їхні фізичні властивості, тобто високу густину, твердість, тепло- та електропровідність, тугоплавкість, ковкість.

Істина густина металів змінюється в широких межах: найлегшим є калій –  $0,86 \text{ г/см}^3$ , найважчим – осмій ( $22,5 \text{ г/см}^3$ ).

Висока електропровідність металів пояснюється наявністю вільних електронів, які переміщуються в потенціальному полі ґратки. Висока теплопровідність металів обумовлюється рухливістю вільних електронів, а висока пластичність – періодичністю їх атомної будови та відсутністю спрямованості металевого зв'язку. Наприклад, при прокатуванні залізного бруска товщиною 80...100 мм отримують дріт товщиною 4 мм та менше.

#### **4.2.3 Фізико-хімічні основи отримання чорних металів та сплавів на їх основі**

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

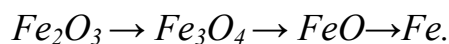
Вихідними матеріалами для виробництва чавуну є залізні руди, флюсуючі матеріали та паливо. Залізна руда – це порода, яка містить різну кількість заліза у вигляді його хімічних сполук.

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 %.

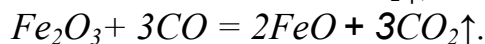
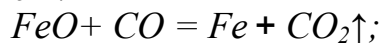
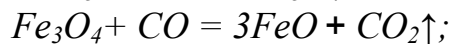
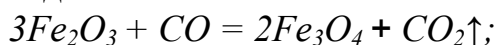
Для зниження температури плавлення пустої породи та відокремлення її від металу в доменну піч подають флюси (крейда, вапняк). Введені в шахту доменної печі флюси утворюють з пустою породою руди сплав, який відокремлюють від металу у вигляді шлаків.

Як паливо у доменному виробництві застосовують кокс.

Процесі плавлення залізної руди кокс, з'єднуючись з киснем повітря, інтенсивно згоряє і утворює вуглекислий газ, який відновлює оксиди феруму до чистого заліза за схемою



Головними реакціями відновлення є:



При цьому відновлюються й інші сполуки, що містяться в руді.

При температурі 1130 °С чавун (сплав заліза з вуглецем в кількості 2,14...6,67 %) розплавляється.

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.

Існує декілька способів виробництва сталі, в тому числі мартенівський, конвертерний та електросталеплавильний. Виробляють киплячу, спокійну та напівспокійну сталь.

#### 4.2.4 Класифікація та характеристика чавунів

*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%). За ДСТУ 3925-98 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 %.

#### 4.2.5 Класифікація вуглецевих сталей

Залежно від вмісту шкідливих домішок сірки та фосфору вуглецеві сталі поділяють на:

- сталі звичайної якості ( $S \leq 0,05\%$ ,  $P \leq 0,04\%$ );
- якісні сталі ( $S \leq 0,04\%$ ,  $P \leq 0,35 \dots 0,04\%$ );
- високоякісні сталі ( $S \leq 0,02\%$ ,  $P \leq 0,03\%$ ).

Вуглецеві сталі, повністю розкислені після виплавлення, називають *спокійними (СП)*, розкислені частково – *напівспокійними (НС)* і *киплячими (КП)*. Спокійні сталі твердіють без помітного виділення газів. Їм притаманні кращі міцнісні властивості, але вища вартість.

Сталі звичайної якості дешеві, їх використовують у мостобудуванні у вигляді зварних, клепаних чи болтових конструкцій (швелери, балки, труби, листи, апарати, каркаси парових котлів, конструкції підйомних кранів).

Маркування таких сталей починається з літер Ст. (сталь), а далі – цифри від 0 до 6. Ці цифри позначають умовний номер марки сталі, залежно від хімічного складу і механічних властивостей. Чим більша цифра, тим більше у складі сталі вуглецю і тим вища міцність. Для позначення ступеня розкислення сталі після цифри ставлять індекси: кп – кипяча, сп – спокійна, нс – напівспокійна. Сварні конструкції виготовляють із спокійних чи напівспокійних низько вуглецевих сталей типів **Ст1, Ст3, Ст.**

Між індексом, який вказує на ступінь розкислення, та номером марки може стояти літера Г, що означає підвищений вміст мангану. Наприклад, **ВСт3Гнс2.**

Сталі звичайної якості поділяють на три групи: група А – з нормованим складом; Б – нормованими властивостями; В – з нормованими механічними властивостями та хімічним складом. Сталь кожної групи додатково поділяють на категорії залежно від нормованих показників.

Основою для будівельних зварних конструкцій є сталь групи В. Для неї встановлені такі марки: **ВСт2, ВСт3, ВСт3Гнс, ВСт4, ВСт5.**

*Якісні сталі* поділяють на **конструкційні та інструментальні.**

Конструкційні сталі маркуються цифрами 08, 10, 15, 20...80, 85, які відповідають середньому вмісту вуглецю у сотих частках процента.

Вуглецеві інструментальні сталі маркують за літерою У і цифрою, що вказує на вміст вуглецю у десятих частках процента: У7, У10, У11, У12, У13.

Із збільшенням вмісту вуглецю зростає міцність і твердість сталей, але знижується пластичність та зварюваність. Для покращення властивостей вуглецевих сталей до їхнього складу вводять спеціальні легуючі елементи, наприклад, домішки алюмінію, молібдену, мангану, купруму, кобальту, хрому. Залежно від вмісту цих домішок розрізняють сталі: низьколеговані (до 2,5 %), середньо леговані (2,5...10 %) та високолеговані (більше 10 %).



Марка легованої сталі означає її наближений хімічний склад: цифри перед літерами – середній вміст вуглецю, збільшений у 100 разів; цифри після літер – вміст легуючої домішки у процентах. Наприклад, марка **09Г2СД** розшифровується так: карбону 0,09%, мангану до 2 %, силіцію до 1 %, купру му до 1%.

#### **4.2.6 Вироби зі сталі**

Сталеві конструкції виготовляють з прокатних виробів, а також із гнутих та зварних профілів (ДСТУ EN 10079-2002).

Найчастіше використовують прокатні вироби: сортову сталь, листову сталь, спеціальні види прокату, труби. З прокатних виробів збирають колони, балки, бункери, башти, трубопроводи, резервуари тощо.

Сортова сталь включає профілі масового попиту (круглу, квадратну, куткову), швелери, двотаври та профілі спеціального призначення (рейки). Найлегші кутикові профілі мають розміри 20×20 мм та товщиною 3 мм, а найважчі – відповідно 250×250 та 30 мм.

Двотаври та швелери вибирають за номерами, що відповідають їхній висоті в сантиметрах. Номери двотаврів змінюються від 10 до 60, швелерів – від 5 до 40. Двотаври прокатують завдовжки до 19 м, а швелери – до 18 м.

Листову сталь залежно від товщини листів поділяють на товстолистову (4...160 мм), тонколистову (0,2...4 мм), універсальну широкополицеву (4...60 мм), рулонну та рифлену. Ширина листів 8500 мм, довжина до 12 м. Найширше у будівництві використовують сталеві листи завтовшки до 40 мм.

Металочерепиця – це багатошаровий виріб, який використовується для влаштування покрівель. Виготовляється з гарячеоцинкованої холоднокатаної листової сталі товщиною 0,5 мм, покритої після пасивації та ґрунтування шаром кольорового полімерного покриття. Довжина панелі 500...8000 мм, а крок 275...450 мм.

#### **4.2.7 Кольорові метали та сплави й матеріали на їхній основі**

Кольорові метали, на від мінусу від чорних, мають вищу пластичність при нормальних температурах, більшу стійкість проти корозії, більш тепло- і електропровідні, мають нижчу температуру плавлення. У будівництві кольорові метали використовують у вигляді сплавів.

**Алюміній і його сплави.** Густина алюмінію – 2,7 г/см<sup>3</sup>, температура плавлення – 660 °С. Алюмінієвими рудами є боксити, нефеліни, апатити й алуніти.

**Силуміни** – сплави алюмінію з кремнієм (в кількості 4...13 %). Ці сплави мають високі ливарні якості, малу усадку і пористість, тверді й міцні.

**Магналії** – сплави алюмінію з магнієм, які відрізняються здатністю до зварювання та високою корозійною стійкістю.

**Авіалії** – сплави алюмінію з магнієм та силіцієм. Дюралюміні – сплави алюмінію з міддю та магнієм. Ці сплави мають високу міцність, але меншу корозійну стійкість порівняно з магналіями.

*Дюралюміні*— складні сплави алюмінію з міддю (до 5,5 %), кремнієм (менш 0,8 %), марганцем (до 0,8 %), магнієм (до 0,8 %) і ін. Їхні властивості поліпшують термічною обробкою (загартуванням при температурі 500...520 °С з наступним старінням). Старіння здійснюють у повітрі протягом 4...5 діб при нагріванні на 170 °С протягом 4...5 годин. Межа міцності дюралюмінів після загартування й старіння становить 400...480 МПа й може бути підвищений до 550...600 МПа в результаті наклепу при обробці тиском.

Сплави алюмінію використовують для виготовлення зварних деталей, трубопроводів, бункерів та інших деталей та виробів.

Вироби та конструкції з алюмінієвих сплавів є антимагнітними, вогне- та сейсмостійкими, при ударі не дають іскор. Вони економічні, мають добрий зовнішній вигляд, не потребують додаткової обробки лицьової поверхні, легко обробляються різанням.

Останнім часом алюміній набуває широкого використання у будівництві для виготовлення конструкцій, в тому числі панелей зовнішніх стін та покриттів безперервного типу, підвісних стель, збірно-розбірних та листових конструкцій.

Вироби з алюмінієвих сплавів у вигляді листового прокату, гнутих і пресованих профілів широко застосовують для виготовлення огорожувальних конструкцій та вікон і дверей.

**Титан** за останнім часом почав застосовуватися в різних галузях техніки завдяки унікальним властивостям:

- високій корозійній стійкості (практично не кородує в атмосфері, прісній і морській воді, стійкий проти кислотної й газової корозії);
- малої густини в порівнянні зі сталлю (4500 кг/м<sup>3</sup>);
- високій міцності ( $R = 450-650$  МПа);
- підвищеній теплостійкості (температура плавлення 1660 °С).

На основі титану створюються легкі й міцні конструкції зі зменшеними габаритами, здатні працювати при підвищених температурах. Основний компонент титанових сплавів - алюміній, його там знаходиться до 6,5 %. Крім цього в титанові сплави вводять такі компоненти як марганець, хром, молібден, ванадій.

**Мідь** – це метал густиною 8,94 г/см<sup>3</sup>, температура плавлення – 1083 °С.

**Латунь** – сплав міді з цинком. При маркуванні латуней (Л96, Л90, ..., Л62) цифри вказують на вміст міді у відсотках. Крім того, випускають латуні багатокомпонентні, тобто з іншими елементами (*Mn, Sn, Pb, Al*).

**Бронзи** – це сплави міді з такими легуючими елементами як олово, алюміній, берилій, силіцій. Має гарні ливарні властивості (вентилі, крани, люстри). При маркуванні бронзи Бр. ОЦСЗ-12-5 окремі індекси позначають: Бр – бронза, О – олово, Ц – цинк, С – свинець, цифри 3, 12, 5 – вміст у відсотках олова, цинку, свинцю. Властивості бронзи залежать від її складу:  $\sigma_B = 150...200$  МПа,  $\delta = 4...8$  %, НВ60 (у середньому).

Ці сплави застосовують для виготовлення таких виробів, як пружини, мембрани, слюсарний інструмент тощо.

### Завдання для самостійної роботи

1. Обґрунтувати можливість використання нікелю та сплавів на його основі для виготовлення газопроводів та хімічної апаратури.
2. Навести приклади використання сплавів на основі титану.
3. Розшифрувати марки сталі **09Г2СД; Ст3нс2; 1Х18Н9; 35ХН3МА.**
4. Привести номенклатуру прокатних виробів.

## Лекція 5

# НЕОРГАНІЧНІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ ТА МАТЕРІАЛИ НА ЇХ ОСНОВІ

### 5.1 Фізико-хімічні закономірності формування складу та структури мінеральних в'язучих речовин

До неорганічних в'язучих речовин належать переважно 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 у каменеподібне тіло, що здатне з часом набирати міцності за рахунок протікання процесів структуроутворення.

За теорією О.О.Байкова, твердіння в'язучих речовин здійснюється за змішаним механізмом: спочатку продукти гідратації знаходяться у колоїдному стані, а потім має місце їхня перекристалізація у більш стабільні сполуки.

### 5.2 Класифікація неорганічних в'язучих речовин

*Повітряні в'язучі речовини* можуть тверднути та набирати міцності у повітряно-сухих умовах. До них належать гіпсо-ангідритові в'язучі речовини, повітряне вапно та його різновиди, магнезіальні в'язучі речовини та розчинне скло.

*Гідравлічні в'язучі речовини* тверднуть та зберігають (або підвищують) міцність після тужавіння в повітряно-сухих умовах та наступного витримування у воді. До них належать гідравлічне вапно, романцемент, портландцемент та його різновиди, пуцолановий цемент, шлакопортландцемент, композиційний цемент; глиноземистий та розширені цементи.

*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 та вапняно-зольні.

### 5.3 Повітряні в'язучі речовини

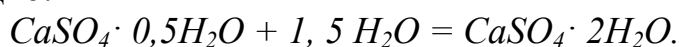
*Гіпсові в'язучі речовини (ДСТУ Б. В. 2.7-82-99)* є типовим прикладом повітряних в'язучих речовин. Вони складаються переважно з напівводного гіпсу  $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$  або ангідриту  $CaSO_4$  і отримуються внаслідок теплової обробки вихідної сировини та її розмелювання. Продукт твердіння таких в'язучих вважається майже ідеальним будівельним матеріалом, оскільки є екологічно безпечним, негорючим та вогнестійким. Гіпсові і гіпсовмісні будівельні матеріали відносяться до ефективних, перспективних та

конкурентноздатних будівельних матеріалів. Вироби на їх основі мають різноманітне функціональне призначення, мають високу якість та добрі експлуатаційні властивості. Для їх виробництва використовується не тільки місцеві сировинні матеріали, а також відходи виробництва, що значно поширює сировинну базу і вартість таких матеріалів.

Як вихідну сировину для виготовлення гіпсових в'язучих речовин використовують природний гіпс, ангідрит, відходи промисловості (борогіпс, фосфогіпс).

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

Твердіння гіпсових в'язучих речовин відбувається внаслідок розчинення 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  $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$  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  $CaCl_2$ ). 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: гіпс будівельний, формувальний та високоміцний, різновидом якого є супергіпс.

*Будівельний гіпс* характеризується невисокою міцністю (2...16 МПа).

*Формувальний гіпс* відрізняється від будівельного гіпсу тонкістю помелу, більшою міцністю та постійністю властивостей. Застосовують формувальний гіпс у керамічній, фарфоро-фаянсовій, машинобудівній промисловостях для виготовлення форм і моделей.

*Високоміцний гіпс* отримують термічною обробкою гіпсового каменю в автоклавах у середовищі насиченої пари при тиску, вищому за атмосферний, або при кип'ятінні у водних розчинах деяких солей з наступним сушінням та помелом до отримання тонко дисперсного порошку. Міцність матеріалу 25...60 МПа.

*Супергіпс* використовується для виготовлення облицювальних плит, фігурних виробів, для влаштування безшовних наливних підготовок для підлог.

Характеристика готового продукту: кількість води для отримання тіста нормальної консистенції становить 24...26%, початок тужавіння – 5...8 хв, кінець – 9...12 хв, міцність при стиску в сухому стані – 60...70 МПа.

Низько випалювальні гіпсові в'язучі речовини застосовують у будівництві для виготовлення панелей-перегородок, блоків, тепло- і звукоізоляційних плит, декоративних плит, пінобетонних виробів, сухої штукатурки. Гіпс використовують для виробництва форм і моделей у фарфоро-фаянсовій, машинобудівній та інших галузях промисловості.

*Високо випалювальні гіпсові в'язучі речовини*, що повільно тужавіють і тверднуть, виготовляють випалюванням гіпсового каменю при температурі вище 600 °С. До них належать ангідритовий цемент, опоряджувальний гіпсовий цемент, високо випалювальний гіпс (естрих-гіпс).

*Ангідритовий цемент* отримують тонким помелом нерозчинного ангідриту з добавками-каталізаторами. Як активатори твердіння використовують сульфати ( $Na_2SO_4$ ,  $NaHSO_4$ ,  $K_2SO_4$ ,  $FeSO_4$  та інші), а також матеріали, що містять певну кількість вільного вапна (доменний шлак, вапно, доломіт та ін.). Ангідритовий цемент порівняно з будівельним гіпсом характеризується меншою водопотребою (30...35 %), більш повільними строками тужавлення та більш високою водостійкістю (коефіцієнт розм'якшення 0,4...0,5). Цей цемент використовують для влаштування безшовних підлог, підготовок під лінолеум, для приготування розчинів та отримання штучного мармуру, а також для бетонів, призначених для мурування стін малоповерхових будівель при відносній вологості повітря на більше 70 %.

### 5.3.1 Технічні характеристики гіпсових в'язучих

*Істинна густина* гіпсових в'язучих коливається у межах 2,6...2,75 г/см<sup>3</sup> і обумовлена їхнім фазовим складом.

*Насипна густина* гіпсу становить 800...1100 кг/м<sup>3</sup>. Тонкість помелу оцінюється залишком на ситі №02 і для гіпсу грубого помелу становить не більше 23 %, середнього – 14 % і тонкого – 2 % (позначається відповідно I, II, III). Збільшення тонкості помелу зумовлює підвищення пластичності гіпсового тіста, міцності гіпсових виливків, але збільшує водопотребу.

*Водопотреба* визначається кількістю води, потрібною для приготування тіста стандартної консистенції (діаметр розпливу 180±5 мм), і залежить від виду та співвідношення модифікацій сульфату кальцію. Для отримання тіста нормальної густоти з  $\beta$ -  $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$  потрібно 50...70 % води, а з модифікації  $\alpha$ -  $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$  – 30...40 %. Теоретично для реакції гідrataції потрібно 18,6 % води. Висока водопотреба гіпсових в'язучих призводить до того, що вироби з них відрізняються підвищеною пористістю (40...60 %), невисокою міцністю.

*Строки тужавлення.* Гіпсові в'язучі за строками тужавлення поділяють на види: швидкотверднучі (А) – з початком тужавлення не раніше 2 хв і кінцем не пізніше 15 хв, нормальнотверднучі (Б) – з початком тужавлення не раніше 6 хв і кінцем не пізніше 30 хв і повільнотверднучі (В) - з початком тужавлення не раніше 20 хв .

При зниженні температури до 10 °С строки тужавлення подовжуються. При підвищенні температури до 40...50 °С відмічається скорочення строків

тужавлення. При подальшому підвищенні температури строки тужавлення подовжуються, а при  $T=90\dots 100\text{ }^{\circ}\text{C}$  гіпс не тужавіє взагалі.

*Міцнісні характеристики* гіпсових в'язучих визначають випробуванням зразків-балочок розмірами  $40\times 40\times 160$  мм з гіпсового тіста стандартної консистенції через 2 години після виготовлення. Висушування гіпсових виливків до сталої маси збільшує їхню міцність майже у два рази.

Передбачено 12 марок гіпсових в'язучих – від Г-2 до Г-25, де цифра означає нормовану границю міцності при стиску в МПа. Границя міцності при згині змінюється відповідно від 1,2 до 8 МПа.

Гіпсові вироби мають високу *вогнестійкість*. Через малу теплопровідність вони повільно прогриваються і руйнуються лише після 6...8 годин нагрівання.

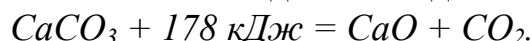
*Водостійкість* гіпсових виробів є невисокою. Основними шляхами підвищення водостійкості гіпсових виробів є зменшення розчинності гіпсу при введенні добавок; ущільнення гіпсових виливків; просочування або обмазування виробів речовинами, що запобігають проникненню води.

Істотно підвищується водостійкість гіпсу при додаванні вапна 5...25 %, суміші вапна і гідралічної добавки (трепелу, опоки, шлаку), суміші портландцементу та гідралічної добавки.

### 5.3.2 Повітряне будівельне вапно

*Повітряне будівельне вапно (ДСТУ Б.В.2.7-90-99)* – продукт випалювання не до спікання при температурі  $1000\dots 1200\text{ }^{\circ}\text{C}$  кальцієво-магнієвих гірських порід (вапняку, крейди, вапняку-черепашнику, доломітизованого вапняку), що містять не більше 6 % глинистих домішок. Високодисперсний кремнезем та глинисті домішки при їхньому обмеженому вмісті 5...7 % і відповідно вибраному режимі випалювання не знижують якість вапна. Домішки гіпсу та піриту небажані, оскільки вони сприяють утворенню вапна, що гаситься повільно.

Основним технологічним процесом при отриманні повітряного вапна є випалювання, при цьому утворюється продукт (грудке 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 ґратки.

Недовипалення чи пере випалення вапна в печі знижує його якість.

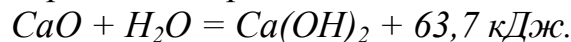
Залежно від вмісту оксиду магнію, повітряне вапно поділяють на кальцієве (вміст  $\text{MgO} \leq 5\%$ ), магнезіальне ( $\text{MgO} = 5\dots 20\%$ ) та доломітове ( $\text{MgO} = 20\dots 40\%$ ).

Повітряне вапно поділяють на:

- а) негашене грудкове (вапно-кипілка) – 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

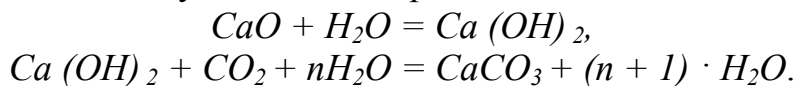


Теоретично для гашення вапна потрібно 32,13 % води від маси CaO. Залежно від того, скільки води витрачається для гашення, отримують три різних продукти.

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  $Ca(OH)_2$  й 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, водопотреби, 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 водовапняне 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 °С) 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.

### 5.3.3 Магнезіальні в'язучі речовини

Магнезіальні 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. Магнезіальні цементи, відомі як цементи Сореля, не потребують вологих умов твердіння, забезпечують високу вогнестійкість, низьку теплопровідність, підвищені зносостійкість та міцність утвореного штучного каменю.

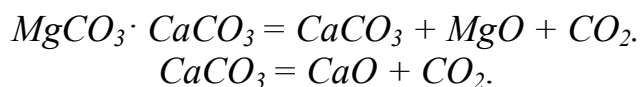
Як сировину для магнезіальних в'язучих найчастіше використовують магнезит  $MgCO_3$  (іноді доломіт  $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ ).

Магнезит випалюють при температурі 750...850 °С 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 °С 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 на згині.

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.

### 5.3.4 Кислотостійкий цемент

Це кварцево-кремнефтористий цемент, що є сумішшю тонкомеленого кварцового піску й кремнефтористого натрію. Замішують цемент рідким склом, водяним розчином силікату натрію або силікату кальцію. Мікронаповнювачами в такому цементі є хімічно стійкі породи - кварцит, діабаз, андезит й ін. Кремнефтористий натрій є прискорювачем твердіння, підвищує кислото- і водостійкість матеріалів на основі кварцового кремнефтористого цементу.

Кислотостійкий цемент застосовують для виготовлення розчинів, бетонів і оздоблювальних матеріалів, що експлуатуються в умовах дії сильних кислот (сірчаної, соляної, азотної й ін.). Але без спеціальних добавок він неводостійкий, його не можна застосовувати в середовищах, що містять фтористоводородну, кремнефтористу, вищі жирні кислоти й луги. Матеріали й вироби на кислотостійкому цементі руйнуються при дії водяної пари. По фізико-механічних властивостях вони наближаються до матеріалів на клінкерних цементах. Водостійкість матеріалів підвищують ущільненням, обробкою поверхні спеціальними розчинами, термообробкою, неорганічними добавками і такими, що полімеризуються. Введенням до складу цементу гідрофобізуючих добавок одержують кислототривкий водостійкий цемент (КВЦ). Застосування останнього не допускається при будівництві й ремонті житлових будинків і підприємств харчової промисловості.

### 5.4 Гідравлічні в'язучі речовини

**Гідравлічне вапно** – це продукт, отриманий випалюванням мергелястих вапняків, що містять від 6 до 20 % глинистих або високодисперсних піщаних домішок.

Основними операціями при виробництві гідравлічного вапна є добування сировини, її подрібнення, випалювання і помел. Процес випалювання

здійснюють у шахтних або обертових печах при температурі від 900 до 1150, а іноді й 1200 °С.

Під час випалювання, паралельно з процесами зневоднення глинистих мінералів і розкладання карбонатів кальцію та магнію, утворюються не лише вільні оксиди  $CaO$  та  $MgO$ , а й їхні сполуки з  $SiO_2$  та де гідратованою глиною у вигляді кальцієвих силікатів, алюмінатів та феритів, які надають вапну гідравлічних властивостей.

Гідравлічне вапно перші сім діб має тверднути на повітрі, а далі може тверднути й набувати міцності як на повітрі, так і у воді.

*Технічні характеристики гідравлічного вапна.*

Істинна густина становить 2,6...3,0 г/см<sup>3</sup>, а насипна – 700...800 кг/м<sup>3</sup>.

Водопотреба та водоутримувальна здатність гідравлічного вапна нижчі, ніж повітряного. Строки тужавлення гідравлічного вапна залежить від вмісту вільного  $CaO$ .

За вимогами ДСТУ Б В. 2.7-90-99 вапно вважається слабо гідравлічним, якщо границя міцності при стиску на 28 добу твердіння становить 1,7; при згині – 0,4 МПа; сильно гідравлічним, якщо границя міцності при стиску та згині на 28 добу твердіння становить 5, та 1,0 МПа відповідно.

Слабо гідравлічне вапно тужавіє швидше, а твердне повільніше, ніж сильно гідравлічне. Початок тужавлення складає 0,5...2,0 год., а закінчення – 8...16 год. Штучний камінь на основі гідравлічного вапна не визначається високою міцністю. Після 28 діб комбінованого зберігання міцність при стиску зразків із вапняно-піщаного розчину (складу 1:3 за масою) становить 2...5 МПа.

Гідравлічне вапно застосовують для приготування будівельних розчинів підвищеної водостійкості, мурувальних та штукатурних розчинів, для виробництва вапняно-пуцоланових цементів, легких і важких бетонів низьких класів, для виготовлення стінового каміння, призначеного для експлуатації в умовах різної вологості, для стабілізації ґрунтів при будівництві шляхів із малою інтенсивністю руху. Ця речовина входить до складу сухих будівельних сумішей та широко використовується для виготовлення шпаклівок, замазок і фарб. Гідравлічне вапно можна застосовувати як основу під фресковий живопис, тобто при нанесенні малюнків розбавленими у воді мінеральними фарбами на свіжу штукатурку.

**Романцемент** найчастіше розглядають як один з етапів у розвитку технології отримання гідравлічних в'язучих речовин, подібних до портландцементу. Його виготовляють випалюванням не до спікання та наступним помелом вапнякових або магнезійних мергелів, які містять понад 25 % глинистих домішок. Для регулювання властивостей у романцемент можна вводити до 5 % гіпсу і до 15 % активних мінеральних добавок.

**Портландцемент** – гідравлічна в'язуча речовина, яку виготовляють спільним тонким подрібненням клінкеру з гіпсом або іншими добавками.

Перший патент на спосіб виробництва штучного каменю під назвою портландський цемент було отримано у 1824 році Джозефом Аспдіном. У

практиці світового будівництва портландцемент є головним матеріалом для виробництва бетону, залізобетону та будівельних розчинів.

Портландцемент ний клінкер отримують випалюванням до спікання (при температурі приблизно 1450 °С) сировинної суміші певного складу, що забезпечує синтез переважно високо основних силікатів кальцію. Гіпс до складу портландцементу вводять для регулювання строків тужавлення й підвищення міцності.

Цементи відрізняються один від одного хімічним і мінеральним складом, міцністю, строками тужавіння і класифікуються за такими ознаками:

1. За видом клінкера й речовинним складом:

а) на основі портландцементного клінкера:

1) без активних мінеральних добавок (АМД) – портландцемент ПЦ-0;

2) з АМД до 20 % - портландцемент з мінеральними добавками

ПЦ-5-АМД до 5 %;

ПЦ-20-АМД до 20 %;

3) з АМД більше 20 % – пуцолановий портландцемент;

4) з добавками гранульованого шлаку більше 20 % - шлакопортландцемент;

б) на основі глиноземистого клінкера:

1) глиноземистий;

2) високоглиноземистий;

3) гіпсоглиноземистий.

2. За міцністю на стиск з урахуванням міцності на вигин:

а) високоміцні – марки 500 - 600 і вище;

б) підвищеної міцності – марка 500;

в) рядовий – марки 300 – 400;

г) низькомарочні – нижче марки 300.

3. За швидкістю тужавіння:

а) швидкотужавіючі з початком тужавіння до 45 хв;

б) середньотужавіючі з початком тужавіння не більше 90 хв;

в) повільнотужавіючі з початком тужавіння більше 90 хв.

4. За строками твердіння:

а) звичайні з нормуванням міцності у віці 28 діб;

б) швидкотвердіючий з нормуванням міцності у віці 3,7 і 28 діб;

в) особливо швидкотвердіючий з нормуванням міцності у віці 1 доби і менше.

5. За спеціальними властивостями:

а) цементи, до яких не висувають спеціальних вимог;

б)цементи, до яких висувають спеціальні вимоги за сульфатостійкістю, об'ємною деформацією у процесі тужавіння, тепловиділенням, декоративними властивостями тощо.

Відповідно до стандартів властивості найбільш розповсюджених цементів повинні відповідати вимогам, наведеним у таблиці 5.

Таблиця 5.1 – Марки цементів залежно від межі міцності стандартних зразків

Види цементів	Марка цементу	Межа міцності при стиску в МПа (кг/см <sup>2</sup> ) у віці не менше		Межа міцності при вигині, МПа (кг/см <sup>2</sup> ) у віці не менше	
		3 доби	28 діб	3 доби	28 діб
1	2	3	4	5	6
Портландцемент	300	-	29,4(300)	-	4,4(45)
Портландцемент АМД	300,500	-	39,2(400) 49(500)	-	5,4(55) 5,9(60)
Шлакопортландцемент	550,600	-	53,9(550) 58,8(600)	-	6,1(62) 6,4(65)
Швидкотвердіючий портландцемент	400,500	24,5(250) 27,5(280)	39,2(400) 49,0(500)	3,9(40) 4,4(45)	5,4(55) 5,9(60)
Швидкотвердіючий шлакопортландцемент	400	19,6(200)	39,2(400)	3,4(35)	5,4(55)

Сировиною для виготовлення портландцементного клінкеру можуть бути карбонатні породи (приблизно 75 %) в суміші з алюмосилікатними речовинами (25 %). Як карбонатні породи використовують вапняки, крейду, вапняки-черепашники, вапнякові туфи, а як алюмосилікатний компонент – глини, але при відповідному економічному обґрунтуванні можна застосовувати суглинки, леси, аргіліти та глинисті сланці. Також як сировину використовують природні суміші вапняків із глинами – мергелі.

До найпоширеніших побічних продуктів, придатних для виробництва портландцементного клінкеру, відносять доменні гранульовані шлаки, які завдяки хімічному складу ( $SiO_2$  – 38...40%,  $CaO$  – 43...44%,  $Al_2O_3$  – 5...14 %) іноді використовують замість частини глинистого або карбонатного компонентів.

З метою коригування складу шихти також застосовують електротермофосфорні шлаки, паливні золи, відходи вуглебагачення та різні шлами, в тому числі нефеліновий (пелітовий), монокальцієвий і червоний.

#### 5.4.1 Технологія виробництва цементу

Виробництво цементу може бути організоване сухим, мокрим та комбінованим способами.

Процес приготування сировинної суміші для отримання портландцементного клінкеру включає: подрібнення (крупне й тонке), дозування, змішування сировинних компонентів, коригування хімічного складу отриманої суміші, її гомогенізацію та випалювання.

*Сухий спосіб виробництва* полягає у подрібненні й ретельному перемішуванні сухих або попередньо висушених сировинних матеріалів. Використання цього способу є доцільним при застосуванні однорідних за складом та структурою вапняку та глини вологістю від 10 до 15 %.

*Мокрий спосіб виробництва* доцільно застосовувати, якщо м'яка сировина (крейда, глина) має значну вологість. Вихідні компоненти

подрібнюють і змішують з великою кількістю води (36...42 % від маси сухої речовини) до утворення рідко текучої маси у вигляді суспензії (шламу). Мокрий спосіб дає змогу знизити енергоємність процесу подрібнення, полегшити транспортування й перемішування сировинної суміші, проте витрати палива на її випалювання в печі в 1,5...2 рази більші, ніж при сухому способі.

*Комбінований спосіб* передбачає підготовку сировинної суміші з отриманням шламу, який потім зневоднюють до вологості 16...18% та переробляють на гранули.

Після випалювання в обертових або шахтних печах клінкер інтенсивно охолоджується у барабанних рекуператорах та холодильниках (до температури 100...200 °C), щоб попередити утворення крупних кристалів.

З холодильників клінкер надходить на склад, де його витримують протягом 1...2 тижнів для стабілізації властивостей.

Помел клінкеру здійснюється у трубних (кульових) млинах. Під час помелу до клінкеру додають двоводний гіпс (до 3,5% за масою) для сповільнення тужавіння портландцементу.

#### **5.4.2 Хіміко-мінералогічний склад портландцементного клінкеру**

Хімічний склад клінкеру представлений чотирма основними оксидами, мас. %:  $CaO$  – 63...67;  $SiO_2$  - 20...24;  $Al_2O_3$  – 4...9;  $Fe_2O_3$  – 2...4. Їхній загальний вміст становить 95...97 %; в невеликій кількості в клінкері містяться також  $MgO$ ,  $SO_3$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $TiO_2$  та ін.

Наявність у складі клінкеру  $CaO$  обумовлює високу міцність та швидке твердіння цементу.

$SiO_2$  зв'язує  $CaO$  в силікати, здатні до гідравлічного твердіння.

Підвищення у складі клінкеру оксиду алюмінію  $Al_2O_3$  зумовлює швидке тужавіння і прискорене твердіння цементу, але негативно впливає на сульфато- та морозостійкість.

У процесі випалювання сировинної суміші до спікання утворюються 4 основні мінерали цементного клінкеру: три кальцієвий силікат  $3CaO \cdot SiO_2$  - *аліт*; дво кальцієвий силікат  $2CaO \cdot SiO_2$  - *беліт*; три кальцієвий алюмінат  $3CaO \cdot Al_2O_3$ ; чотирикальцієвий алюмофірит  $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ . Скорочений умовний запис цих мінералів відповідно такий:  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$ ,  $C_4AF$ .

#### **5.4.3 Твердіння портландцементу й формування структури цементного каменю**

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 структуроутворення 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.

Слід враховувати, що наявність гелевої складової зумовлює усадку цементного каменю при твердінні на повітрі й набухання в воді, а також особливості роботи під навантаженням та інші властивості. У процесі твердіння цементній системі властиве таке явище, як контракція (стягування). Найбільша контракція відбувається при гідратації трикальцієвого алюмінату (понад 15 %), що є причиною внутрішніх напружень у тверднучому цементному камені. Тому під час помелу до клінкеру додають двоводний гіпс, який вирівнює контракцію  $C_3A$ , знижуючи до 6,14 %.

Порова структура гелю впливає на механічні властивості, проникність та морозостійкість цементного каменю. Вода гелю замерзає при температурі майже  $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$  і не перетворюється на лід навіть при сильних морозах, тому пори гелю не знижують морозостійкість цементного гелю.

Капілярні пори мають більший діаметр і тому доступні для води за звичайних умов насичення, тому вони спричиняють зниження морозостійкості, підвищення проникності і хімічної корозії цементного каменю.

Пористість цементного каменю можливо знизити шляхом зниження початкового водо-цементного відношення (В/Ц) та збільшення ступеня гідратації цементу. Капілярна пористість досить швидко знижується в процесі гідратації цементу тому, що вони заповнюються продуктами гідратації. Тому чим вищий ступінь гідратації, тим вища міцність і довговічність цементного каменю й бетону.

#### **5.4.4 Властивості портландцементу**

Істинна густина портландцементу без мінеральних добавок складає 3,05-3,15 г/см<sup>3</sup>, насипна густина – 1300 кг/м<sup>3</sup>.

*Тонкість помелу* цементу визначається ситовим аналізом або за допомогою приладу – поверхнеміра і становить 250-300 м<sup>2</sup>/кг.

*Водопотреба* цементу – це мінімальна кількість води, потрібна для приготування тіста заданої в'язкості (консистенції чи густоти), яка відповідає стандартній в'язкості, яку називають *нормальною густиною*. Нормальну густоту цементного тіста вимірюють кількістю води в процентах до маси сухого порошку. Визначають її за допомогою приладу Віка. Водопотреба портландцементу становить 24-27 %. Основними факторами, що

характеризують водопотребу цементу, є його речовинний склад (співвідношення клінкеру, гіпсу й добавок), тонкість помелу, мінеральний склад клінкеру, природа гідравлічної добавки. Водопотреба для приготування цементного тіста нормальної густоти, як правило, у 2-3 рази перевищує теоретичну кількість води, потрібну для фізико-хімічних процесів гідrataції цементу й утворення цементного каменю.

*Строки тужавіння* цементу – це час, протягом якого пластична легкоперероблювана маса (цементне тісто, паста) втрачає свою пластичність, перетворюючись на тіло землістої консистенції, що немає помітної міцності. Розрізняють умовний початок тужавіння (початок витрачання пластичності) і кінець тужавіння (повна втрата пластичності). Строки тужавіння згідно із стандартом визначають за зануренням голки приладу Віка в цементне тісто нормальної густоти. Початок тужавіння – час від моменту замішування цементного тіста до моменту, коли голка не доходить до дна на 2-4 мм. Кінець – коли голка занурюється у тісто не більш як на 1-2 мм. Для портландцементу початок тужавіння має наставати не раніш як через 45 хв, а кінець – не пізніш як через 10 год.

Для регуляції строків тужавіння до цементу додають добавки, які поділяють на дві групи: сповільнювачі (борна кислота, фосфати й нітрати калію, натрію та амонію) та прискорювачі (електроліти, карбонати і сульфати металів).

**Рівномірність зміни об'єму** оцінюють візуально за деформацією зразків-плескачків (діаметром 70-80 і завтовшки 10 мм) з цементного тіста нормальної густоти, які було прокип'ячено після 24 год. твердіння в нормальних вологових умовах. Основними причинами нерівномірної зміни об'єму цементного каменю є гашення в ньому вільного вапна й гідrataція 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 розпливом 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 ( $T = 20 \pm 2$  °C) на 27 діб. Зразки попередньо випробовують на вигін. Значення границі міцності при стиску таких зразків називають *активністю* цементу, а округлене в бік зменшення значення активності – *маркою* цементу.

#### 5.4.5 Спеціальні види цементів

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  $C_3S$  і  $C_3A$ , 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  $C_3A$  робить його непридатним для бетонів, що зазнають сульфатної корозії.

Різновидами швидкотверднучого цементу є особливошвидкотверднучий й надшвидкотверднучий цементи. Це цементи високих марок 400, 500, 600. *Особливошвидкотверднучий* (ОШТЦ) у віці 1 доби має межу міцності при стиску 20-25 МПа, а у віці 3 діб – 40 МПа. Це обумовлене високим вмістом  $C_3S$  (65-68 %) при помірній кількості  $C_3A$  (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* (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 % (у розрахунку на суху речовину) лігносульфонату технічного (ЛСТ) чи іншої пластифікуючої добавки. Такий цемент відрізняється здатністю надавати розчинним та бетонним сумішам підвищеної рухливості. Пластифікуючий 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.

Г і д р о ф о б н и й 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 розчинової 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 тому 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 попел (пуцолан), що пояснює назву цементу. Активні мінеральні добавки містять діоксид 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 водопотреба, 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 кольорові 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 цементи 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 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).

Кількість барвників у складі цементів складає 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 низько основні алюмінати кальцію. До сировинної суміші входять здебільше боксити та вапняки. Основними мінералами глиноземистого цементу є монокальцієвий алюмінат  $CaO \cdot Al_2O_3$ , невелика кількість  $CaO \cdot 2Al_2O_3$  і  $2CaO \cdot SiO_2$ , а також геленіт  $2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ . При твердінні глиноземистого цементу при температурі 25-30 °С утворюється високоміцний гідро алюмінат кальцію  $2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 8H_2O$ , але при підвищенні температури твердіння виникають внутрішні напруження у цементному камені й зниження міцності у 2-3 рази за рахунок перекристалізації й утворення сполуки  $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O$ .

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 вироби з такого цементу не можна піддавати тепло вологій обробці.

Марки глиноземистого цементу 400, 500 і 600 визначають у 3-добовому віці. Водопотреба 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  $Ca(OH)_2$ , 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 мастил, фенолу. Але не стійок до дії лугів та концентрованих мінеральних кислот.

Розширений портландцемент одержують спільним помелом 60-65 % алітового клінкеру, 5-7 % глиноземистого клінкеру, 7-10 % двоводного гіпсу й 20- 25 % активної мінеральної добавки (трепелу, поки, діатоміту). Механізм розширення зумовлений утворенням кристалів еtringіту ( $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$ ), 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.

Розширний 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 розширний цемент у дорожньому та підземному будівництві, тампонажних роботах, при виготовленні залізобетонних виробів з напруженим армуванням.

Різновидом розширного 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 еtringіт. 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 °С, оскільки при вищих температурах еtringіт 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.

## **5.5 Основні відомості про бетон і будівельний розчин**

*Бетоном* називається штучний кам'яний матеріал, що одержується з правильно підібраної суміші в'язучого матеріалу, 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 пластичну - в'язку масу (тісто), яка тверднучи, зв'язує між собою зерна заповнювачів і утворює штучний кам'яний матеріал.

*За видом в'язучого бетони розрізняють:*

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

*За видом заповнювачів розрізняють бетони:*

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

**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 ( $1200 < \rho_o < 1800 \text{ кг/м}^3$ );
- ніздрюваті ( $500 < \rho_o < 1200 \text{ кг/м}^3$ ).

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

Межу міцності при стисканні бетону визначають на зразках - кубах 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 твердістю.

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 зрізають 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.

*Будівельним розчином* називається правильно підібрана суміш в'язучого матеріалу, дрібного заповнювача (піску), води й у необхідних випадках спеціальних добавок, що твердіє після укладання.

Свіжоприготовлені будівельні розчини називають *розчинною сумішшю*. *Рухливістю* розчинної суміші називається її здатність розтікатися під дією сили тяжіння чи прикладених до неї зовнішніх сил. Рухливість розчинної суміші залежить від дозування в'язучої речовини і води.

За рухомістю розчинові суміші поділяють на марки (табл.5.2).

Таблиця 5.2 - Марки розчинної суміші за рухомістю

Марка розчинної суміші за рухомістю	Норма за рухомістю, см	Призначення розчинної суміші
П4	Від 1 до 4 включно	Бутова кладка, ущільнена вібруванням
П8	Вище 4 до 8 включно	Бутова кладка звичайна з порожнистої цегли і каміння, монтаж стін з крупних блоків і панелей, розшивання горизонтальних і вертикальних швів між панелями і блоками, облицювальні роботи
П12	Вище 8 до 12 включно	Кладка із звичайної цегли і каменя, штукатурні й облицювальні роботи
П14	Вище 12 до 14 включно	Заповнення порожнин в бутовій кладці

Будівельні розчини підрозділяють за такими ознаками:

- за густиною в сухому стані – важкі густиною  $1500 \text{ кг/м}^3$  і більше та легкі густиною менше ніж  $1500 \text{ кг/м}^3$ ;
- за видом застосовуваних в'язучих матеріалів— цементні, вапняні, гіпсові і змішані (цементно-вапняні, вапняно-гіпсові);
- за призначенням – для кам'яних кладок і монтажу великоблочних і великопанельних бетонних і кам'яних стін, оздоблювальні і спеціальні;
- за межею міцності при стисканні,  $\text{кгс/см}^2$ , розрізняють такі марки: 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150 і 200. Межу міцності розчину визначають випробуванням на стиск кубів розмірами  $70,7 \times 70,7 \times 70,7$  мм у віці 28 доби при температурі твердіння  $20 \pm 3^\circ \text{C}$ .

Будівельні розчини є дрібнозернистими бетонами. Тому загальні закономірності, що визначають зручне укладання бетонної суміші і міцність бетонів, поширюються і на розчини. Однак застосування розчинів відрізняється від застосування бетонів. Наприклад, розчини укладають значно більш тонкими шарами, чим бетонні суміші; розчини на відміну від бетонних сумішей укладають без спеціального механічного ущільнення; у більшості випадків розчини наносять на пористі основи (цегла, легкі бетони), які здатні відсмоктувати воду; марки розчинів по міцності в середньому значно менше, ніж бетонів. Якість застосовуваної розчинної суміші визначається її зручністю в укладанні чи ступенем рухливості.

Для розчину, що підлягає поперемінному заморожуванню і відтаванню в конструкціях будівель і споруд, призначають і контролюють марки за морозостійкістю: F10, F15, F25, F35, F50.

### 5.5.1 Матеріали для важкого бетону

Важкий бетон, застосовуваний для виготовлення фундаментів, колон, балок, пролітних будов мостів й інших несучих елементів і конструкцій промислових і житлових будинків й інженерних споруджень, повинен мати певну міцність у заданий строк твердіння, а бетонна суміш повинна бути зручною в укладанні й економічна. При використанні в незахищених від зовнішнього середовища конструкціях бетон повинен мати підвищені щільність, морозостійкість і корозійну стійкість. Залежно від призначення й умов експлуатації бетону в спорудах пред'являються відповідні вимоги до його складових матеріалів, які визначають його склад і властивості, впливають на технологію виробництва виробів, їх довговічність й економічність.

Міцність бетону при стиску залежить від активності цементу, водоцементного відношення, якості заповнювачів, ступеня ущільнення бетонної суміші й умов твердіння. Основними факторами при цьому виявляються активність цементу й водоцементне відношення. Цементи високої активності дають більш міцні бетони, однак при одній і тій же активності цементу можна одержати бетон різної міцності залежно від зміни кількості води в суміші. Ця залежність була встановлена в 1895 р. проф. И. Г. Малоюгою.

Для одержання легкоукладальної бетонної суміші відношення води до цементу звичайно приймають  $V/C = 0,4-0,7$ , у той час як для хімічної взаємодії цементу з водою потрібно не більше 20 % води від маси цементу. Надлишкова вода, що не вступила в хімічну взаємодію із цементом, випаровується з бетону, утворюючи в ньому пори, що веде до зниження щільності й відповідно міцності бетону. Виходячи із цього, міцність бетону можна підвищити шляхом зменшення водоцементного відношення й посиленого ущільнення. Всебічні дослідження радянських вчених (Н.М. Беляєва, Б.Г. Скрамтаєва й ін.) розширили й уточнили виводи И.Г. Малюги про вплив різних факторів на властивості бетону й установили залежності, представлені у вигляді формул:

$$V/C > 0,4 (V/C < 2,5) \quad R_B = AR (C/V - 0,5);$$

$$V/C < 0,4 (C/V > 2,5) \quad R_B = A_1 R (C/V + 0,5),$$

де  $R_B$  — межа міцності бетону при стиску у віці 28 діб нормального твердіння,

Па;

$R$  — активність цементу, Па;

$C/V$  — цементно-водне відношення - відношення маси цементу до маси води в одиниці об'єму бетонної суміші за винятком води, що поглинають заповнювачі;

$A, A_1$  — безрозмірні коефіцієнти, що залежать від якості використовуваних матеріалів, насамперед заповнювачів.

До високоякісних матеріалів належать щебінь із щільних гірських порід високої міцності, пісок оптимальної крупності (заповнювачі повинні бути

чисті, промиті, фракціоновані, з оптимальним зерновим складом суміші фракцій) і портландцемент високої активності без добавок або з мінімальною кількістю гідралічної добавки.

До рядових матеріалів належать заповнювачі середньої якості, у тому числі гравій, портландцемент середньої активності або високомарочний шлакопортландцемент. Матеріали зниженої якості - великі заповнювачі низької міцності й дрібні піски, заповнювачі, що відповідають зниженим вимогам і цементу низької активності.

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

Цемент вибирають із урахуванням вимог до бетону (міцності, морозостійкості, хімічній 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.

**Заповнювачі для важких бетонів і будівельних розчинів.** До складу важких бетонів входять великі і дрібні щільні заповнювачі, а іноді тільки дрібні (у дрібнозернистому бетоні). До складу будівельних розчинів входять тільки дрібні заповнювачі. В якості крупних заповнювачів (розмір зерен більш 5 мм) застосовують щебінь із природного каменю щільністю понад  $1,8 \text{ г/см}^3$ , гравій і щебінь з доменного шлаку. Великі заповнювачі повинні бути фракціонованими.

В якості дрібного заповнювача (розмір зерен від 0,15 до 5 мм) - застосовують природні чи дроблені піски щільністю більш  $1,8 \text{ г/см}^3$ .

Природний пісок у природному стані в залежності від зернового складу поділяється на 4 групи: крупний, середній, дрібний і дуже дрібний. Групу піску визначають у лабораторії шляхом просівання через стандартний набір сит з різними розмірами, мм, і формою отворів.

Для приготування бетонної суміші використовують крупний, середній, дрібний піски; для розчинних сумішей – усі чотири групи.

**Заповнювачі для легких бетонів і будівельних розчинів.** Для приготування таких бетонів і розчинів застосовують пористі заповнювачі щільністю (у насипному стані) не більш  $1000 \text{ кг/м}^3$  при розмірі зерен від 5 до 40 мм (щебінь, гравій) і не більш  $1200 \text{ кг/м}^3$  із розміром зерен до 5 мм (пісок).

Пористі заповнювачі підрозділяють на штучні, природні й одержувані з відходів промисловості.

**Добавки.** Основними чинниками, що визначають застосування добавок у будівництві, є підвищення продуктивності праці та обладнання, економія цементу та енергетичних ресурсів, поліпшення якості та властивостей бетонів і будівельних розчинів, особливі умови роботи. Застосування технічних лігносульфонатів (ЛСТ) чи мелясної барди (УПС) дозволяє підвищити продуктивність праці та обладнання при дозуванні 0,15-0,3% від маси цементу (у перерахунку на суху речовину). А для густо армованих конструкцій це дає



можливість зменшення трудовитрат у 1,5-2 рази. Збільшення цих добавок на 0,4-0,5 % уповільнює тужавлення сумішей до 203 годин, що при великих відстанях транспортування має велике значення. Для отримання литих сумішей для високоміцних бетонів незамінними є пластифікатори С-3, «Дофен», МП-3, «Sika» тощо. При витраті 0,4-1 % від маси цементу вони збільшують осадку конусу до 20 – 25 см, що дає можливість перекачувати суміші бетононасосами. Пластифікатори дозволяють прискорити твердіння, підвищити міцність, морозостійкість, водонепроникність бетонів та розчинів у кілька разів. ЛСТ та УПС використовують як розріджувачі сировинних сумішей та інтенсифікатори помелу в'язучих. Добавка УПС у кількості 0,05 – 0,1 % від маси цементу дозволяє збільшити питому поверхню в'язучого на 300 – 500 см<sup>2</sup>/г, тобто з клінкеру цементу марки 400 отримати цемент марки 500.

Полі функціональність добавок-пластифікаторів дає можливість за рахунок зменшення кількості води у бетонних сумішах та будівельних розчинах зменшити відповідно витрати цементу. Так, для жорстких і малорухомих сумішей економія цементу від застосування пластифікаторів складає 7 – 12 %, а високо рухомих і литих – 15 – 20 %. Найбільший ефект досягається при застосуванні низькоалюмінатних цементів, дрібних пісків при виготовленні високоміцних бетонів.

Повітрявсмоктуючі ПАР та газо утворюючі компоненти дозволяють утримати в бетоні до 10 % повітря, що може бути успішно використано для економії цементу при виготовленні легких бетонів. Використання таких добавок разом із стабілізаторами піни і газо насиченням дозволяє виготовляти блоки з об'ємною густиною 300 – 600 кг/м<sup>3</sup>, що дозволяє зменшити коефіцієнт теплопровідності матеріалу та призводить до економії енергоресурсів при експлуатації будівель і споруд.

При виборі виду добавки для бетонної суміші необхідно враховувати негативні побічні явища. Наприклад, найефективніший прискорювач твердіння та проти морозний компонент, як хлорид кальцію. Викликає корозію арматури і цементного каменю, підвищує вологість приміщень та знижує морозостійкість бетону. А такі прискорювачі твердіння, як нітрид натрію, нітрат кальцію, сульфат натрію, сульфіди, роданіди тощо, не можуть бути застосовані для залізобетонних конструкцій, які експлуатуються в агресивних середовищах, для промислових підприємств та електротранспорту, що споживають постійний електричний струм.

**Вода.** Вода, що застосовується для приготування бетонної суміші і будівельного розчину, не повинна містити шкідливих домішок, що перешкоджають нормальному схоплюванню і твердінню в'язучого матеріалу. Забороняється застосовувати воду, що містить домішки кислот, лугів, олій, цукрів, а також болотну і стічні води.

### **5.5.2 Властивості бетону**

*Водонепроникність* бетону характеризується найбільшим тиском води,

при якому вона ще не просочується через зразки. Щільний бетон при дрібнопористій структурі й достатній товщині конструкції є практично водонепроникним, причому не тільки для води, але й для рідких нафтових продуктів густої консистенції - мазуту й важкої нафти. З метою захисту бетонних і залізобетонних споруд, призначених для зберігання важких нафтопродуктів, поверхні споруд покривають рідким склом, а від проникання легких і рідких нафтових продуктів (бензину, гасу й ін.) застосовують спеціальні бензинонепроникні мембрани, поверхневі покриття - плівки із пластмас або виготовляють бетон на непроникному для зазначених рідин цементі, що розширюється.

По водонепроникності бетон ділять на 4 марки: В2, В4, В6 й В8, що витримують відповідно тиск 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 МПа. У більш тонких конструкціях домагаються високої водонепроникності бетону використанням гідрофобного цементу, а також застосуванням водоізоляційних покриттів, які наносять на поверхню пневматичним способом (торкретуванням).

*Морозостійкість* є одною з головних вимог до бетону, що застосовується в гідротехнічних спорудах, дорожніх покриттях, опорах мостів й інших подібних конструкціях. Морозостійкість бетону характеризується найбільшим числом циклів поперемінного заморожування й відтавання, які здатні витримувати зразки 28-добового віку без зниження межі міцності при стиску більш ніж на 15 % і без втрати в масі більше 5 %. ДСТУ 10060-76 на важкий бетон, у тому числі й на гідротехнічний, установлює п'ять марок по морозостійкості: Мрз 50,100,150, 200 й 300. Марку бетону по морозостійкості вибирають залежно від кліматичних умов (числа змін рівня води на омиваній поверхні бетону або числа змін заморожування й відтавання за зимовий період). Морозостійкими виявляються, як правило, бетони високої щільності. Не менш важливу роль у морозостійкості бетону грає морозостійкість заповнювачів. Марка заповнювачів по морозостійкості повинна бути не нижче цього показника для бетону.

Встановлено, що при невеликому і короткочасному навантаженні для бетону характерна *пружна деформація*. Якщо напруга перевершує 0,2 від межі міцності, то спостерігається помітна залишкова (пластична) деформація. Повну деформацію можна представити як суму пружної й пластичної деформацій ( $E_p + - E/\gamma$ ).

### **5.5.3 Види бетонів**

*Жаростійкі* бетони мають класи від В2,5 до В50, середню густину від 600 до 2800 кг/м<sup>3</sup>, залишкову міцність від 30 до 100 %, температурну усадку 0,1-1 %.

*Дрібнозернисті* можуть мати класи за міцністю В 7,3-50 і відрізняються при даній міцності підвищеною на 30—50 % витратою цементу, зниженим (на 30 %) модулем пружності, підвищеною усадкою й повзучістю. Для їх приготування використовують цементи марок 400 й 500 і грубозернисті піски. Дрібнозернисті бетонні суміші відрізняються поліпшеною формуемістю. Їх

застосування найбільш ефективно для виготовлення малогабаритних однотипних виробів (тротуарних плит, бордюрних каменів).

**Дисперсно-армовані** відрізняється високою корозійною стійкістю, що дозволяє застосовувати його не тільки для економії стали, але й підвищення довговічності тонкостінних конструкцій, що працюють в агресивних умовах.

**Полімербетони** хімічно стійки й використовуються в нафтохімії, чорній й кольоровій металургії замість кольорових металів і легованих сталей. Міцність полімербетонів 50-100 МПа, водопоглинення - не більше 0,1 %, усадка - не більше 0,2 %, морозостійкість 300-500 циклів.

**Бетонополімери** одержують просоченням затверділого бетону різними мономерами. Найбільш доцільне й ефективне поверхнєве просочення бетону з метою підвищення довговічності й непроникності конструкцій методом термополімерізації.

**Полімерцементні** бетони одержують додаванням до суміші невеликої кількості добавок (до 3 %) полімерних водорозчинних смол, поліетиленової емульсії або різних латексів. Вони відрізняються підвищеною стійкістю проти динамічних й агресивних впливів і довговічністю.

**Шлаколужні** бетони одержують на основі тонкомолотих гранульованих шлаків з питомою поверхнею 2500—3000 см<sup>2</sup>/г й активізаторів твердіння (сода, поташ, рідке скло) у сполученні зі звичайними заповнювачами, великими й дрібними або тільки дрібними. Витрати мелених шлаків 200—600 кг/м<sup>3</sup>, а соди 5—10 % від маси шлаків, вони зростають зі збільшенням класу бетону (від В15 до В60). При цьому потрібне точне дозування лужних компонентів.

#### 5.5.4 Будівельні розчини

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 великої розмаїтості 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.

Класифікація будівельних розчинів:

За густиною в сухому стані розчини ділять на:

- **важкі**, із густиною 500 кг/м<sup>3</sup> і більше, для їх виготовлення застосовують важкі кварцові або інші піски;
- **легкі** розчини, що мають густину менш 1500 кг/м<sup>3</sup>, 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, пропонованих до нього вимог, температурно-вологого режиму твердіння й умов експлуатації будинку або споруди.

За призначенням будівельні розчини ділять на:

- для кам'яних кладок і кладки стін з великих елементів;
- **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.

В основу загальної класифікації розчинів за фізико-механічними властивостями покладено такі найважливіші показники: **міцність і морозостійкість**, від яких залежить довговічність розчину.

За величиною міцності при стиску будівельні розчини підрозділяють на дев'ять марок від 4 до 300. За морозостійкістю розчини мають дев'ять марок морозостійкості: від Мрз 10 до Мрз 300. Як дрібний заповнювач застосовують: для важких розчинів - кварцові й полевошпатові природні піски, а також піски, отримані дробленням щільних гірських порід; для легких розчинів - пемзові, туфові, черепашкові, шлакові піски.

### 5.5.5 Властивості будівельних розчинів

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

**Рухливість.** Будівельні розчини для кам'яної кладки, мурувальних 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° С.

**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 (Па) розчинів на портландцементі визначають за формулою проф. Н.А. Попова:

$$R = 0,25 R_{ц} (Ц/В - 0,4),$$

де:  $R_{ц}$  — активність цементу, Па;

$Ц/В$  — цементно-водне відношення.

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

$$R_p = kR_{ц} (Ц-0,05) + 4,$$

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

$C$  — 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 значення добавки, при якій суміш має найкращу легкоукладальність й дає розчин найбільшої міцності.

Міцність розчину характеризується, як відзначалося, маркою. Марка розчину позначається по межі міцності при стиску ( $P_a$ ) зразків розміром 70,7x70,7x70,7 мм, виготовлених з робочої розчинної суміші після 28-добового їх твердіння при температурі 15—25 °С. Середня відносна міцність цементних розчинів (у тому числі змішаних), що твердіють в умовах нормального вологого режиму при температурі 15-25°C у віці 3 діб, становить 0,25 від марочної 28-добової міцності, у віці 7 діб 0,5; 14 діб - 0,75; 60 діб 1,2 й в 90-добовому віці - 1,3.

Якщо твердіння цементних і змішаних розчинів відбувається при температурі, відмінній від 15 °С, то величину відносної міцності цих розчинів приймають по спеціальних таблицях. З метою економії в'язучого для приготування розчинів на цементах високих марок необхідно вводити мінеральні тонкомолоті добавки.

## **5.6 Виробництво бетонних і залізобетонних конструкцій з важких бетонів**

Конструкції виконуються в основному лінійними площинними і блоковими. До лінійного відносяться колони, ферми, ригелі, балки, прогони різного призначення; до площинних — плити покриття і перекриттів, панелі стін і перегородок, стінки бункерів і резервуарів, підпірні стінки; до блокових — масивні вироби фундаментів, стін підвалів. В окремих випадках виготовляють також конструкції просторового типу: санітарні кабінки, об'ємні блок - кімнати, кільця колодязів.

Виробництво залізобетонних виробів і конструкцій здійснюється на конвеєрних, напівконвеєрних, 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 сталеву 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; формоукладник; камери твердіння; ділянки розпалубки, остигання виробу, їхньої обробки і технічного контролю; пост чищення і змашення 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 перекриттів 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 (касечно-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. Стендові технологічні лінії рекомендується використовувати для виготовлення крупнорозмірних, особливо попередньо напружених виробів (кроквяних і підкрюквяних балок і ферм; підкранових балок, ригелів, плит типу П). Ущільнення бетонної суміші здійснюється начіпними чи глибинними вібробуджувачами.

## **5.7 Безвипалювальні будівельні матеріали**

### **5.7.1 Гіпсові й гіпсобетонні вироби**

Вироби на основі гіпсу можна одержувати як з гіпсового тесту, тобто із суміші гіпсу й води, так і із суміші гіпсу, води й заповнювачів. У першому випадку вироби називають гіпсовими, в другому — гіпсобетонними. В'яжучими для виготовлення гіпсових і гіпсобетонних виробів залежно від їх призначення служать гіпсове в'яжуче, водостійкі гіпсоцементно-пуцоланові суміші, а також ангідритові цементи. Як заповнювачі в гіпсобетоні використовують природні матеріали - пісок, пемзу, туф, паливні й металургійні шлаки, а також легкі пористі заповнювачі промислового виготовлення - жужільну пемзу, керамзитовий гравій, аглопорит й ін. Органічними заповнювачами (їх називають ще наповнювачами) є тирса, стружка або вовна, паперова макулатура, стебла й волокно очерету й ін.

В наш час будівництво потребує все більше гіпсових матеріалів і виробів. Гіпсобетонні перегородки значно вигідніші за цегельні на 25...35 %, залізобетонних - на 10...15 %, фібролітових і дерев'яних щитових - на 40.. 50 %.

Гіпсові матеріали достатньо крихкі, тому роблять штучне зміцнення гіпсових виробів (особливо тонкостінних) шляхом застосування армуючих матеріалів, уводять до складу формувальної маси або конструкції самого виробу. Так, у гіпсокартонних аркушах роль арматури виконує картонна оболонка, у прокатних перегородкових гіпсобетонних панелях - дерев'яні рейки. Роль арматури можуть також виконувати металеві стрижні, дріт або сітка, однак варто мати на увазі, що сталева арматура в гіпсових виробках піддається корозії, тому її не можна застосовувати без захисного шару. Як арматуру можна також використовувати органічні волокна, рівномірно розподілені в самій формувальній масі.

За призначенням гіпсові й гіпсобетонні вироби ділять: на панелі й плити перегородкові; аркуші обшивальні; плити теплоізоляційні; камені для зовнішніх стін; вироби для перекриттів; вироби вогнезахисні; архітектурні деталі. Виробу з гіпсу можуть бути суцільними й пустотілими, армованими й неармованими.

Гіпсові вироби мають ряд важливих властивостей: порівняно невелика густина, вони не горять, мають гарну звукоізоляцію й т.д. До числа недоліків гіпсових виробів варто віднести значне зниження міцності при зволоженні, високу повзучість під навантаженням, особливо при зволоженні.

Вироби на основі гіпсу допускається застосовувати в умовах, що виключають систематичне зволоження, і в приміщеннях з відносною вологістю повітря не більше 60%. Для підвищення волого й водостійкості вироби покривають водонепроникними захисними фарбами або пастами (масляними, казеїновими), а також застосовують добавки до гіпсу меленого доменного гранульованого шлаку і пуцоланового портландцементу. В останньому випадку одержують досить водостійкі гіпсові вироби на в'язучому, що називають гіпсоцементно-пуцолановим. Гіпсові й гіпсобетонні вироби формують різними способами: литтям, вібруванням, пресуванням, прокатом,- у процесі яких вироби швидко здобувають значну міцність. Технологічний процес виробництва виробів з гіпсових або гіпсобетонних сумішей складається з наступних операцій: дозування всіх компонентів формувальної маси (в'язучого, заповнювачів, води й матеріалів, що регулюють строки тужавіння гіпсу); готування розчинної й бетонної суміші; формування виробів; твердіння - сушіння до повітряно-сухого стану. Для одержання високопористих теплоізоляційних гіпсових виробів - газогіпсу - до складу гіпсової маси додають газоутворюючі добавки - розведену сірчану кислоту й вуглекальцієві солі, їдкий натр і пероксид водню, при взаємодії яких з гіпсом виділяється газ, що спучує гіпсову масу.

Високі темпи капітального будівництва, а також індивідуального житлового будівництва в містах, селищах і сільській місцевості вимагають швидкого розвитку гіпсової промисловості. Одним з найважливіших показників

є рівень собівартості виготовленої продукції Відносно найменшу собівартість має продукція Новомосковського гіпсового комбінату. У цей час освоєно виробництво панелей з каналами для схованої проводки, що дозволяє перейти на повну заводську готовність виробу й тим самим зменшити працевтрати на будмайданчиках й скоротити строки будівництва. Витрати виробництва перегородкових плит значною мірою залежать від масштабів виробництва, типу застосовуваного встаткування, а також від сировини (привізне або місцеве).

У найближчі роки треба збільшити видобуток гіпсового каменю на існуючих гірських підприємствах за рахунок реконструкції, а також розширений видобуток гіпсового каменю за рахунок будівництва нових гірських підприємств, збільшене використання гіпсовмісних відходів.

Широке застосування прогресивних гіпсових матеріалів і виробів дозволяє підвищити індустріальність будівництва, поліпшити експлуатаційні й естетичні показники будівельних конструкцій, знизити трудомісткість і вартість будівництва. Види нових гіпсових виробів надано у таблиці 5.3.

Найбільші витрати при виробництві гіпсобетонних панелей доводяться на сировину й основні матеріали. Найбільш дорогим вихідним матеріалом є гіпс. Ефективного зниження витрат на гіпс можна досягти за рахунок зменшення втрат при транспортуванні, а також збереження якості гіпсу при зберіганні на складах. Оскільки гіпс у часі швидко втрачає активність, контактуючи з вологою повітря, необхідно прагнути до того, щоб його запаси на заводі гіпсобетонних виробів були найменшими. Більш доцільно заводи з виробництва гіпсобетонних виробів розташовувати поруч із заводом з виробництва гіпсу. Це дозволяє мати менший запас гіпсу на заводському складі, у зв'язку із чим знизяться витрати на транспортування й створиться можливість використання гіпсу більш високої якості. Правильне зберігання й витрата інших складових матеріалів також можуть знизити собівартість готових виробів.

Таблиця 5.3 – Види гіпсових виробів

Області застосування	Види виробів і конструкцій на основі гіпсу й ГЦПВ	Взаємозамінні види виробів і конструкцій
Стіни зовнішні	Керамзитобетонна панель на ГЦПВ	Керамзитобетонна панель на портландцементі
	Гіпсобетонні дрібні блоки	Стіни з керамічної й силікатної цегли
Внутрішні стіни й перегородки	Великопанельні	Залізобетонна панель
Перекриття	Дрібноштучні плити	Керамічна цегла
	Керамзитобетонна панель ГЦПР	Керамзитобетонна панель на портландцементі



Основи під підлоги	Безосновний лінолеум по гіпсобетонній плиті на ГЦПР	Безосновний лінолеум по залізобетонній плиті
Сантехкабіни	Монолітні на ГЦПР	Залізобетонні монолітні
	Збірні на ГЦПР	Азбестоцементні збірні
Внутрішня обробка	Гіпсокартонні аркуші (ГКА): з поліетиленовою плівкою, із ПВХ-плівкою, алюмінієвою фольгою	ГКЛ чорнова
Акустичні вироби	Гіпсові перфоровані литі плити	Плити «Акмініт» й «Акмігран»

На виробництво гіпсових і гіпсобетонних виробів витрачається значна кількість води, пари й силової електроенергії, причому найбільша кількість енергії витрачається на сушіння (до 25 % всієї споживаної підприємствами енергії). У цей час розроблені й всі ширше впроваджуються швидкісні методи сушіння гіпсових виробів. Якщо тривалість сушіння гіпсокартонних аркушів на більшості заводів становить 70...80 хв, а плит і панелей - 20...24 год., то при швидкісних методах сушіння ці строки скорочуються відповідно для гіпсокартонних аркушів до 12...15 хв і перегородкових плит і панелей - до 8...9 год. Дослідженнями встановлено, що економічна ефективність високотемпературного сушіння при виробництві гіпсових плит і гіпсобетонних панелей досягається за рахунок зменшення витрати тепла внаслідок зміни параметрів теплоносія й збільшення продуктивності праці й устаткування.

Аналіз кінетики сушіння гіпсових будівельних матеріалів дозволив установити, що без порушення якості гіпсових і гіпсобетонних виробів процес сушіння можна прискорити за рахунок застосування високотемпературного зволоженого теплоносія. Так, при сушінні гіпсобетонних панелей можна застосувати початкову температуру теплоносія 220...240 °С при вологовмісті 45...50 г/кг сух. повітря. проти початкової температури теплоносія 120...130 °С и вологовмісту 25...30 г/кг сух. пов. і кінцеву температуру вологоносія 60...65 °С с вологовмістом 105...110 г/кг сух. пов. Ці умови дозволяють інтенсифікувати як зовнішнє підведення тепла, так і рух вологи з товщі матеріалу до поверхні. Таким чином, сушіння гіпсобетонних виробів із застосуванням високотемпературного зволоженого теплоносія дозволяють у короткий термін (за 8...9 год.) сушити гіпсобетонні панелі викликаючи дегідратації гіпсу й, отже, не знижуючи якості виробів.

Для розширення номенклатури гіпсових виробів, а разом з тим і сфери застосування гіпсових в'язучих необхідно промислове виробництво й випуск водостійких гіпсових в'язучих і виробів на їх основі й у першу чергу прокатних перегородкових панелей, панелей для основи підлог, прокатних панелей для санітарно-технічних кабін і вузлів, вентиляційних блоків, стінових каменів й ін.

Так, однієї з досить прогресивних конструкцій є панелі для основи підлоги на гіпсоцементнопуцолановому в'язучому заводського виготовлення. Вони мають гладку поверхню, і при їх укладанні не потрібно створення в перекриттях трудомістких звукоізоляційних засипань і стяжок, що вирівнюють, що дозволяє в 1,5...2 рази знизити загальну трудомісткість робіт із пристроєм підлог.

У наш час значне застосування в будівництві знайшли санітарно-технічні кабінки, які виготовляють на прокатному стані або з окремих гіпсобетонних панелей, армованих каркасом з деревини або металевої сітки, або в спеціальних вертикальних формах у вигляді готових об'ємних елементів.

Однак на сучасному етапі існуюча технологія виробництва гіпсових в'язучих і виробів на їх основі має потребу в подальшому розвитку й технічному переоснащенні. Поряд з удосконалюванням традиційних способів виробництва гіпсу необхідно забезпечити перехід на безперервні процеси, впроваджувати нове обладнання. Із цією метою доцільно, наприклад, застосування способів дегідратації гіпсу у завислому стані, з використанням проміжного теплоносія для одержання  $\alpha$ -напівводного високоміцного гіпсу.

### 5.7.2 Силікатна цегла

Силікатна цегла за своєю формою, розмірами й основному призначенню не відрізняється від керамічної цегли (рис. 5.1, 5.2, 5.3, 5.4).



Рис. 5.1 - Камінь (цеглина) з 14 пустотами  
Діаметр отворів 30-32 мм, пустотність 28-31%

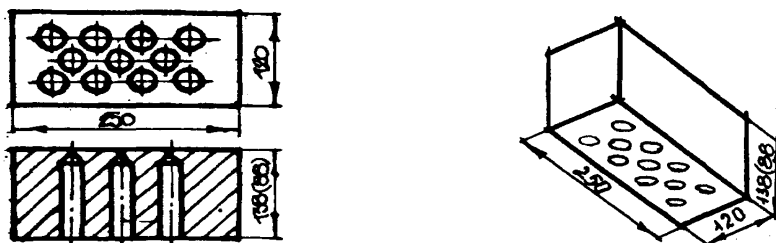


Рис. 5.2 - Камінь (цеглина) з 11 пустотами  
Діаметр отворів 27-32 мм, пустотність 22-25 %.

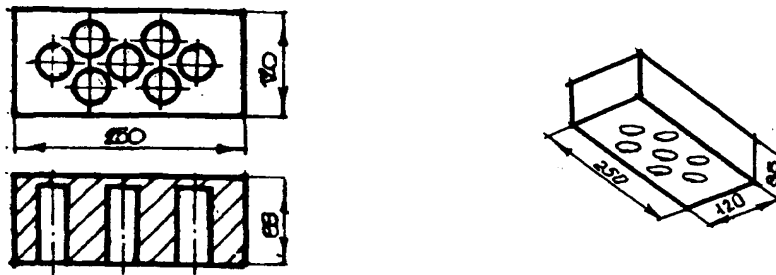


Рис. 5.3 - Потовщена цеглина з 7 пустотами  
Діаметр отворів 30-36 мм, пустотність 16-18 %.

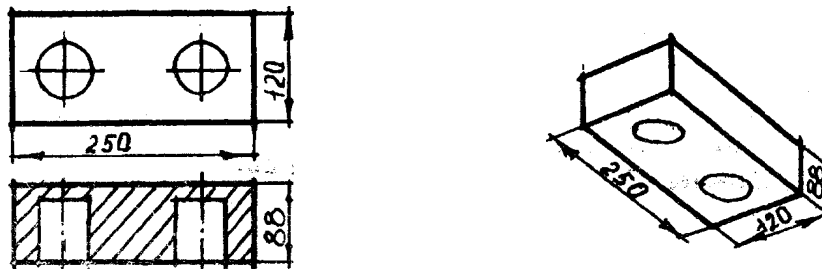
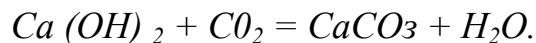


Рис. 5.4 - Потовщена цеглина з 7 пустотами  
Діаметр отворів 50-60 мм, пустотність 8-10 %.

Матеріалами для виготовлення силікатної цегли є повітряне вапно й кварцовий пісок. Твердіння відбувається в автоклавах під дією високої температури (174 °С) й вологості, для чого в автоклав пускають пару тиском до 0,8 МПа. Відбувається хімічна реакція між вапном і кремнеземом з утворенням гідросилікатів, що зростаються із зернами піску в міцний камінь. Однак твердіння силікатної цегли на цьому не припиняється, а триває і після запарювання. Частина вапна, що вступила в хімічну взаємодію із кремнеземом піску, реагує з вуглекислотою повітря й утворює міцний вуглекислий кальцій за реакцією:



Вапно застосовують у вигляді меленого негашеного, частково загашеного або гашеного гідратного. Вапно повинне швидко гаситися і не містити більше 5 %  $MgO$ . Перевитрата сповільнює швидкість гасіння вапна й навіть викликає появу у виробках тріщин, спучувань й інших дефектів. Тому для виробництва автоклавних силікатних виробів вапно повинне бути високої якості. Кварцовий пісок у виробництві силікатних виробів застосовують немелений або у вигляді суміші немеленого й тонкомолотого, а також грубо меленого зі вмістом кремнезему не менш 70 %. Наявність домішок у піску негативно впливає на якість виробів: слюда знижує міцність, і її вміст у піску не повинен перевищувати 0,5 %; органічні домішки викликають спучування й також знижують міцність; вміст у піску сірчистих домішок обмежується до 1 % у перерахуванні на  $SO_3$ . Рівномірно розподілені глинисті домішки допускаються в кількості не більше 10 %; вони навіть трохи підвищують легкоукладальність суміші. Великі включення глини в піску не допускаються, тому що знижують

якість виробів. Складові вапняно-піщаної суміші для виготовлення силікатної цегли: 92...95 % чистого кварцового піску, 5...8 % повітряного вапна й приблизно 7 % води.

Виробництво силікатної цегли ведуть двома способами: барабанним і силосним, які відрізняються приготуванням вапняно-піщаної суміші.

Силікатну цеглу випускають розмірами 250x120x65 мм марок за міцністю 75, 100, 125, 150, 200, 250 й 300, водопоглиненням 8...16 %' теплопровідністю 0,70...0,75 Вт/(м·°С), густиною понад 1650 кг/м<sup>3</sup> — трохи вище, ніж керамічної цегли; морозостійкістю F15. Теплоізоляційні якості стін із силікатної цегли й керамічного практично рівні.

Застосовують силікатну цеглу так, же, як і керамічну, але з деякими обмеженнями. Не можна застосовувати силікатну цеглу для кладки фундаментів і цоколів, тому що вона менш водостійка, а також для кладки печей і димарів, тому що при тривалому впливі високої температури відбувається дегідратація гідросилікату кальцію й гідрату оксиду кальцію, які зв'язують зерна піску, і цегла руйнується.

За техніко-економічними показниками силікатна цегла перевершує керамічну. На її виробництво потрібно в 2 рази менше палива, в 3 рази менше електроенергії, в 2,5 рази менше трудомісткості виробництва; в остаточному підсумку собівартість силікатної цегли виявляється на 25...35 % нижча, ніж керамічної.

Сучасна технологія виготовлення цегли силікатної передбачає виробництво в'язучого, формування виробів, твердіння у середовищі насиченої водяної пари а автоклавах при тиску 0,8 – 1,6 МПа й температурі 175 – 200 °С.

Застосовують силікатну цеглу і каміння для побудови кам'яних і армокам'яних конструкцій у надземній частині будівель з нормальним і вологим режимами експлуатації. Не можна застосувати силікатну цеглу для влаштування фундаментів і цоколів будівель нижче гідроізоляційного шару, які зазнають впливу ґрунтових і стічних вод, а також для мурування стін будівель з мокрим режимом експлуатації (лазні, пральні, пропарювальні дільниці).

Слід враховувати, що під час тривалої дії високих температур (понад 500°С) силікатна цегла руйнується внаслідок дегідратації гідросилікатів кальцію.

Вапняно-шлакова цегла (ДСТУ Б В.2.7.-36-95) є різновидом силікатної цегли, але відрізняється меншою щільністю (1400 – 1600 кг/м<sup>3</sup>) і кращими теплоізоляційними властивостями (0,5 – 0,7 Вт/м °С). Вапняно-шлакова цегла має у своєму складі: вапно (3-12 %), шлак (88-97 %).

Цегла силікатна поділяється на види за розмірами (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 - Види цегли

№ п/п	Види цегли	Розміри цегли, мм		
		довжина	ширина	висота
1.	Цегла одинарна повнотіла або з пористим заповнювачем	250	120	65
2.	Цегла потовщена порожниста або повнотіла з пористим заповнювачем	250	120	88
3.	Каміння порожнисте	250	120	138

Маса потовщеної цегли в сухому стані не повинна перевищувати 4,3 кг.

За призначенням цегла поділяється на звичайну і лицьову.

За видом виготовлення цегла буває: порожниста, пориста (з пористим заповнювачем), пористо-порожниста, повнотіла.

лицьова цегла і каміння можуть бути незабарвленими й кольоровими (забарвлення силікатної суміші у масі перед формування сирцю; нанесення кольорової пасти чи суспензії на свіжосформований сирець; забарвлення запареної цегли кольоровими розчинами солей; нанесення легкоплавких кольорових глазурей, лаків, емалей на запарену цеглу).

За середньою густиною і теплофізичними властивостями цегла поділяється на три групи:

- ефективна, з густиною не більше  $1400 \text{ кг/м}^3$  і коефіцієнтом теплопровідності до  $0,46 \text{ Вт/мК}$ ;
- умовно ефективна, з густиною  $1401 - 1650 \text{ кг/м}^3$  і коефіцієнтом теплопровідності до  $0,58 \text{ Вт/мК}$ ;
- звичайна, з густиною більше  $1650 \text{ кг/м}^3$  і теплопровідністю до  $0,7 \text{ Вт/мК}$ .

За міцністю цеглу поділяють на марки: 300, 250, 200, 150, 125, 100 і 75.

За морозостійкістю цеглу поділяють на марки (МрЗ): 50, 35, 25, 15.

Межа міцності при стиску й вигині має бути не менше величин, поданих у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 - Межа міцності цегли

Марка цегли і каміння	Межа міцності, МПа					
	при тиску		при вигині			
	середня для зразків	найменша для окремих зразків	одинарна потовщена повнотіла цегла		потовщена порожниста цегла	
			середній для 5 зразків	найменша для окремих зразків	середня для 5 зразків	найменша для окремих зразків
300	30,0	25,0	4,0	2,7	2,4	1,8
250	25,0	20,0	3,5	2,3	2,0	1,6
200	20,0	15,0	3,2	2,1	1,8	1,3
150	15,0	12,5	2,7	1,8	1,5	1,1
125	12,5	10,0	2,4	1,6	1,2	0,9
100	10,0	7,5	2,0	1,3	1,0	0,7
75	7,5	5,0	1,6	1,1	0,8	0,5

Поряд з силікатною цеглою широко застосовують силікатний бетон.

Силікатний бетон – це ущільнена суміш, що затверділа в автоклаві, складається з меленого кварцового піску (8-15 %), кварцового піску (70-80 %) і меленого вапна (6-10 %).

Силікатні бетони можуть бути: важкими (заповнювачі ущільнені – пісок, щебінь), легкими (заповнювачі пористі – керамзит, спучений перліт, аглопорит та ін.) і ніздрюваті (піно-, газобетон).

### **5.7.3 Азбестоцементні вироби**

Азбестоцементом називають штучний композиційний кам'яний матеріал, який одержують затвердінням суміші, що складається з цементу, води й азбесту, який армує цементний камінь і забезпечує високу міцність виробів при розтяганні й вигині.

Цементний камінь відіграє роль матриці. Введення арматури у матрицю забезпечує одержання нового матеріалу, основні механічні властивості якого відрізняються від властивостей матриці й арматури, узятих окремо.

Для виробництва азбестоцементних виробів застосовують такий портландцемент, який швидко гідратується, але порівняно повільно тужавіє. Наростання міцності виробу повинне відбуватися досить швидко для переходу напівфабрикату в готову продукцію. Залежно від виду виробів, а також якості (сорту) використовуваного азбесту (сорту) вміст його у виробі становить 10-20 %, а портландцементу відповідно - 80-90 %. На даний час існує три способи виробництва азбестоцементних виробів: мокрий спосіб - з азбестоцементної суспензії, напівсухий - з азбестоцементної маси й сухий - із сухої азбестоцементної суміші. Найбільш широке поширення одержав мокрий спосіб. Два інших застосовують тільки в досвідних установках.

Твердіння азбестоцементних листових виробів, виготовлених на портландцементі, відбувається у дві стадії. Перша — попереднє твердіння в пропарювальних камерах періодичної дії (ямних або тунельних) при температурі 50...60 °С протягом 12...16 год. Після пропарювання листові вироби звільняють від металевих прокладок і піддають механічній обробці (обрізку крайок, пробиванню отворів і т.п.) Остаточо відформовані аркуші направляють в утеплений склад, де відбувається друга стадія твердіння протягом не менш 7діб. Азбестоцементні вироби, виготовлені на піщанистому портландцементі, після формування направляють в автоклави для запарки при температурі 172...174 °С і робочому тиску до 0,8 МПа. По досягненні необхідної міцності вироби піддають механічній обробці.

При виробництві кольорових азбестоцементних виробів поряд з азбестом і цементом застосовують барвники, а також кольорові лаки, емалі й смоли. Смолами покривають внутрішні поверхні азбестоцементних газопровідних труб для зниження витоку газу.

Властивості азбестоцементних виробів визначають наступними факторами: якістю цементу, маркою азбесту, їхнім кількісним співвідношенням по масі, ступенем розпушки азбесту, розташуванням волокон азбесту у виробі, ступенем

ущільнення маси, умовами й тривалістю твердіння, а також вологістю азбестоцементу. Азбестоцементні вироби мають високу опірність розриву, вигину й стиску. Азбестоцементні непресовані вироби мають межу міцності при розтяганні 10- 17 МПа, при вигині – 16-27 МПа, у пресованих азбестоцементних виробів межа міцності при розтяганні дорівнює 20-25 МПа, а при вигині – 27-42 МПа. З віком механічна міцність і щільність виробів зростають.

Азбестоцемент легко пиляється, свердлиться й шліфується. Вироби з азбестоцементу мають високу морозостійкість і водонепроникність, під впливом вологи не кородують, тому можуть застосовуватися без фарбування. У порівнянні зі сталлю й чавуном вони мають у кілька разів меншу теплопровідність й в 3,5-4 рази меншу густину. Азбестоцемент має високі електроізоляційні властивості. Азбестоцементні труби майже непроникні при транспортуванні газу, особливо якщо газопровід прокладений у вологих ґрунтах.

Недоліками азбестоцементних виробів є малий опір удару й жолоблення.

Існує більше 40 видів азбестоцементних виробів. Вони підрозділяються на аркуші, труби, панелі й плити, фасонні деталі.

*Аркуші* роблять різні за формою, розмірами, видом обробки, способом виготовлення й призначенням. За формою розрізняють аркуші пласкі і профільовані, а профільовані ділять на хвилясті, двоякої кривизни й фігурні. Хвилясті аркуші бувають низького, середнього й високого профілю, розміром у довжину до 2000 мм — дрібнорозмірні й більше 2000 мм — великорозмірні. Залежно від призначення розрізняють аркуші покрівельні, стінові, оздоблювальні, для елементів будівельних конструкцій й електротехнічні.

*Труби* азбестоцементні бувають напірні й безнапірні, круглого й прямокутного перетину, а залежно від призначення — водопровідні, газопровідні, каналізаційні, вентиляційні, обсадні й муфти.

*Панелі й плити* класифікують за призначенням, технологією виготовлення й конструкцією. За призначенням панелі й плити підрозділяють на покрівельні (покриття й підвісні стелі), стінові й перегородки; їх роблять як цільноформовані, так і з окремих елементів - збірні, а за конструкцією - неутеплені, утеплені й акустичні.

Широке застосування для промислового, житлового, цивільного й сільського будівництва одержали покрівельні вироби. У промисловому будівництві застосовують покрівельні вироби для неутеплених й утеплених покриттів. Для неутеплених покриттів у гарячих цехах і неопалюваних складських будинках використовують хвилясті і напівхвилясті великорозмірні аркуші з фасонними деталями. Для утеплених покриттів застосовують порожні й лоткові плити. Порожні плити являють собою два профільованих азбестоцементних аркуші, з'єднані алюмінієвими заклепками, що мають у середині прокладку з мінеральної вати. Лоткові плити - це азбестоцементні лотки, заповнені теплоізоляційним матеріалом.

*Аркуші азбестоцементні хвилясті уніфікованого профілю УВ-7,5* застосовують для пристрою безгорищних, а також утеплених покрівель і стінових огорож промислових і сільськогосподарських будинків і споруд. Їх роблять довжиною 1750, 2000 й 2500 мм, шириною 1125 мм і товщиною 7,5 мм. Ці плити мають високу міцність при вигині не менш 20 МПа й густину не менш 1700 кг/м<sup>3</sup>, морозостійкість F50. Їх виготовляють на автоматизованих лініях безпрокладочним способом.

*Аркуші азбестоцементні хвилясті уніфікованого профілю УВ-6* випускають довжиною 1750, 2000 й 2500 мм, шириною 1125 мм і товщиною 6,0 мм, із кроком хвилі 200 мм і висотою рядової хвилі 54 мм, межею міцності при вигині не менш 18 МПа, густиною 1700 кг/м<sup>3</sup> і морозостійкістю не менш F25. Аркуші УВ-6-1750 застосовують для горищних покрівель житлових і суспільних будинків, аркуші УВ-6-2000 — для звисів горищних покрівель і стінових огорож виробничих будинків й УВ-6-2500 — для стінових огорож будинків і споруд.

*Аркуші азбестоцементні хвилястого профілю СВ-40* використовують для покрівельних покриттів у масовому житловому будівництві, а також для стінових конструкцій, що обгороджують, промислових і сільськогосподарських будинків і споруд. Їх випускають довжиною 1750 мм й 2500 мм, шириною 1130 мм і товщиною 5 й 6 мм, із кроком хвилі 150 мм і висотою 40 мм.

*Плити азбестоцементні лицювальні з покриттям з поліефірного азбестопластику* застосовують для внутрішнього облицювання будинків. Плити відрізняються своєрідною декоративною поверхнею, яку не можна одержати звичайними методами фарбування й офактурювання. Покриття азбестоцементних плит азбестопластиками збільшує їх ударну в'язкість і зменшує водопоглинення. Двостороннє покриття азбестопластиковими плівками збільшує механічну міцність лицювальних плит при вигині до 30 %. Поверхня лицювальних плит може бути глянцевою або матовою залежно від складу пігментів і способу нанесення покриття - однотонного або мармуроподібного, різних відтінків і найрізноманітнішого малюнка.

*Плити азбестоцементні плоскі лицювальні* призначаються для облицювання стін вестибулів метро, магазинів, а так само виготовлення оздоблювальних архітектурних деталей й інших елементів будинків. Їх роблять звичайними сірими й пофарбованими емалями, з рельєфним малюнком. Для фарбування застосовують перхлорвінілові, кремнійорганічні, водоемульсійні та інші емалі, фасадні фарби й лаки. Фарбування плит повинне вироблятися в спеціальних цехах пульверизаційним, наливним або електростатичним способом. За способом виробництва плити виготовляють пресованими й непресованими.

*Аркуші азбестоцементні плоскі* застосовують для виробництва стінових панелей, плит покриттів, сантехкабін, перегородок транспортних галерей, вентиляційних шахт, підвісних стель, для внутрішнього й зовнішнього облицювання житлових і суспільних будинків. Аркуші пресовані і непресовані можуть випускатися незабарвленими й пофарбованими емалями; на білому й



кольоровому цементу, гладкими й тисненими, а залежно від призначення - обрізні й необрізні.

*Вироби азбестоцементні стінові* випускають для зовнішнього й внутрішнього облицювання стін, як стінові панелі і перегородки. Для зовнішнього облицювання стін застосовують сірі й кольорові тиснені вироби, кольорові пресовані плитки; для внутрішнього облицювання використовують аркуші, у яких лицьова сторона пофарбована водонепроникними кольоровими емалями й лаками.

*Плити азбестоцементні стінові уніфіковані* являють собою легку тришарову конструкцію із кріпленням фасадних азбестоцементних кольорових аркушів до дерев'яного каркаса алюмінієвими розкладками, а внутрішнього азбестоцементного обшивання із сірих аркушів — шурупами «потай»; як утеплювач застосовують скловатні плити. Стінові панелі роблять довжиною до 6000 мм, шириною 3300 мм і товщиною 140...170 мм.

*Труби азбестоцементні* роблять напірні, безнапірні й вентиляційні; застосовують для мереж водопроводу й теплофікації, нафто- і газопроводів. У наш час вітчизняна промисловість виробляє труби азбестоцементні з газонепроникними покриттями з полімерних матеріалів. Ці труби є найбільш економічними й досить надійними заміниками сталевих труб. Азбестоцементні труби з полімерним покриттям мають високі водо-, бензо- й маслостійкість, достатню механічну міцність, гарну адгезію до азбестоцементу. Деякі водопровідні труби за максимальним робочим тиском підрозділяються на класи: до 0,6 МПа — клас ВТ6, до 0,9 МПа — клас ВТ9, до 1,2 МПа — клас ВТ 12, до 1,5 МПа — клас ВТ 15, до 1,8 МПа — клас ВТ18.

*Труби газопровідні* за максимальним робочим тиском підрозділяються на марки: ГАЗ-НД — для газопроводів низького тиску (до 0,005 МПа), ГАЗ-СД — середнього тиску (до 0,3 МПа).

*Короби азбестоцементні прямокутного перетину* призначені для улаштування вентиляції повітря виробничих допоміжних і побутових приміщень, промислових, житлових і цивільних будинків. Короби безшовні без розтрубів виготовляють із тонкостінних труб спеціальної навивки, свіжосформованими на трубоформуванняльних машинах. Для додання свіжосформованій трубі прямокутної форми в неї вставляють дерев'яний сердечник, що складається із трьох частин клиноподібної форми. Потім коробка укладають штабелем і витримують 1...2 дні, після чого сердечники виймають, а коробка складають для подальшого затвердіння. Короби виготовляють довжиною 4000 мм із внутрішнім перетином 150x300, 200x200, 200x300 мм і товщиною стінок 9 мм. Короби мають високу міцність, межу міцності при вигині не менш 16 МПа, густину 1600 кг/м<sup>3</sup>.

*Дошки азбестоцементні електротехнічні дугостійкі (АЦЕІД)* служать для виготовлення деталей, панелей, щитів і основ електричних апаратів і машин, що піддаються дії високих температур й електричного розряду. Азбестоцементні накати (заготівлі) для АЦЕІД виготовляють на листоформуванняльних машинах і ріжуть на формати встановленої довжини,

ширини й товщини. Формати укладають на металеві прокладки й пресують при тиску до 20 МПа. Після цього дошки на прокладках твердіють 10...16 год., потім їх відокремлюють від прокладок, обрізають і складують.

З азбестоцементу роблять спеціальні азбестоцементні вироби. До них належать великогабаритні фігурні аркуші, застосовувані для склепаних покриттів, градирень, зерносушарок й ін.

### **Завдання до самостійної роботи**

1. Розглянути значення кожного мінералу клінкеру цементу для отримання цементів заданих властивостей.
2. Дати визначення *твердненню* та *тужавінню*.
3. Представити схему взаємодії клінкерних мінералів з водою.
4. Порівняти стійкість цементного каменю в різних агресивних середовищах.
5. Охарактеризувати спеціальні види портландцементу.
6. Проаналізувати сировинну базу України щодо виробництва неорганічних в'язучих речовин і матеріалів на їхній основі.
7. Розглянути можливість використання місцевих матеріалів для виробництва в'язучих речовин, розчинів, бетонів.
8. Навести можливі шляхи використання відходів виробництва та матеріалів, отриманих при реконструкції або ремонті споруд, для виготовлення бетонів і розчинів.
9. Розглянути екологічні аспекти при виробництві азбестоцементу.
10. Обґрунтувати необхідність армування бетонних конструкцій.

## Лекція 6

# МІНЕРАЛИ І ВИРОБИ НА ОРГАНІЧНІЙ ОСНОВІ БІТУМНІ ТА ДЬОГТЬОВІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ ТА МАТЕРІАЛИ НА ЇХ ОСНОВІ

### 6.1 Особливості утворення в'язучих речовин органічного походження та їхня класифікація

Органічні в'язучі речовини –це природні або штучні тверді, в'язко-пластичні та рідкі матеріали, які складаються із хімічних сполук, молекули яких містять карбону. Органічні в'язучі речовини можна розглядати як дисперсні системи, представлені сумішшю різних сполук, в тому числі метанових  $C_nH_{2n+2}$ , в тому числі нафтонових  $C_nH_{2n}$ , ароматичних  $C_nH_{2n-6}$ , та гетероциклічних, а також високомолекулярними вуглеводнями та неметалевими похідними.

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 смолоподібні 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 поділяють на:

*бітумні* (природні, нафтові, сланцеві) речовини, які складаються із вуглеводнів метанового, нафтонового та ароматичного рядів, а також їхніх кисневих, сірчаних і азотних похідних;

*дьогтьові* (кам'яновугільні, торф'яні, деревні) речовини, які складаються із суміші ароматичних вуглеводнів та їхніх кисневих, азотних або сірчаних похідних;

*бітумнополімерні*, які складаються з нафтових бітумів та полімерів;

*гумобітумні*, одержані спільною переробкою нафтових бітумів та старої гуми;

*гумодьогтеві*, одержані спільною переробкою старої гуми та дьогтьопродуктів.

Бітумні та дьогтьові в'язучі входять до групи органічних в'язучих речовин, що складаються з високомолекулярних вуглеводнів та їх неметалевих похідних (сполук вуглеводнів із сульфуром, киснем, нітрогеном). Основними ознаками цих в'язучих є розм'якшення (розрідження) їх при нагріванні та відновлення своєї початкової в'язкості при охолодженні.

## 6.2 Бітумні в'язучі речовини

До бітумних в'язучих матеріалів належать природні та штучні (нафтові) бітуми.

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 сірковуглеці, 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.

Нафтові (штучні) бітуми, одержують переробкою нафтової сировини. В Україні постачальниками нафтових бітумів є Кременчуцький, Одеський, Лисичанський та Дрогобицький нафтопереробні заводи.

Залежно від в'язкості нафтові бітуми поділяють на тверді, напівтверді та рідкі, а залежно від способу виробництва – на залишкові, окисненні та крекінгові. За призначенням бітуми бувають дорожніми, будівельними, покрівельними, гідроізоляційними.

**Властивості бітумів** визначаються їхньою природою, складом та технологією отримання. Для бітумів, на відміну від мінеральних в'язучих речовин, характерні гідрофобність, атмосферостійкість, 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.

### **6.3 Дьогтьові в'язучі речовини**

*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 тріщин, 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.

### **6.4 Асфальто- та дьогтебетони**

Асфальтовим бетоном називається суміш матеріалів різної крупності (піску, щебеню або гравію розмірами від 5 до 30 мм, тонкомелених вапняків) та бітуму. Асфальтобетонні суміші залежно від в'язкості бітуму та температури при укладенні в дорожнє полотно поділяють на гарячі, теплі та холодні.

Гарячу суміш готують на основі в'язких бітумів та укладають при температурі не нижчій ніж 120 °С. Формування структури асфальтобетону в основному закінчується після ущільнення поверхні дорожніми котками.

Теплу суміш виготовляють використовуючи в'язкі та рідкі бітуми, температура укладення яких не нижче 70 °С. Процеси структуроутворення в

асфальтобетоні (залежно від виду бітуму та погодних умов) можуть тривати від 2...3 годин до декількох тижнів.

Холодну суміш готують на рідких бітумах, укладають при температурі навколишнього середовища не нижче 5 °С. Структуру асфальтобетону формується повільно (20...40 діб) залежно від швидкості загуснення бітуму, а також від погодних умов та інтенсивності руху автомобілів. Особливістю холодних асфальтобетонних сумішей є здатність деякий час залишатися сипкими, що дозволяє їх зберігати (без погіршення властивостей) протягом 8 місяців. Холодні суміші використовують для покриття та ремонту доріг із невеликою інтенсивністю руху.

Дьогтебетон – це штучний будівельний матеріал, отриманий ущільненням суміші дьогтю, щебеню, піску та мінерального порошку.

## **6.5 Характеристика матеріалів на основі бітумних та дьогтьових в'язучих речовин**

На основі бітумних та дьогтьових в'язучих виготовляють велику кількість виробів: рулонні покрівельні та гідроізоляційні матеріали, штучні вироби, мастики, емульсії та пасти.

Емульсії – це дисперсні системи, які складаються з двох рідин, що не змішуються між собою, причому одна рідина є диспергованою у другій. Стійкість утвореної емульсії досягається введенням до її складу емульгаторів – поверхнево-активних речовин (ПАР) або тонко дисперсних твердих порошоків, які, з одного боку, знижують поверхневий натяг між бітумом та водою, а з другого – надають частинкам певного заряду, який перешкоджає їхньому злипанню. Емульгаторами є мила (нафтонових, сульфонафтонових) органічних кислот, лігносульфат технічний (ЛСТ), асидол, олеїнова кислота. До твердих емульгаторів належать тонкі порошки глини, вапна, цементу, кам'яного вугілля та сажі. Тверді емульгатори адсорбуються на поверхні бітуму та дьогтю, утворюючи захисний шар, що перешкоджає злипанню окремих глобул, диспергованих у воді.

Емульсії застосовують для влаштування захисного гідро- та пароізоляційного покриття, ґрунтування основи під гідроізоляцію, приклеювання штучних та рулонних матеріалів, а також гідрофобізації поверхонь виробів.

Бітумні пасти готують з бітуму, води та емульгатора. Пасти застосовують для влаштування захисного гідроізоляційного покриття, ґрунтування поверхні, яка ізолюється, ущільнення стиків у покрівлі, а також як в'язучу суміш для виготовлення холодних мастик.

Мастики – це клейові суміші, якими не тільки з'єднують різні матеріали між собою, але й покривають поверхні деталей та конструкцій відносно товстим шаром для запобігання корозії, заповнюють щілини, раковини, отвори та інші заглиблення, щоб одержати однорідну гладку поверхню чи забезпечити герметичність швів.

Рулонні покрівельні матеріали за структурою полотна поділяють на основні та без основні. Як основу рулонного матеріалу застосовують покрівельний картон, склотканини, фольгу, тканини на основі поліефірних волокон, еластоміри, еластоміри, азбестовий папір.

Рулонні покрівельні матеріали виробляють із захисним шаром, яким може бути посипка (крупнозерниста – «К», дрібнозерниста – «Д», лускоподібна – «Л» і пиловидна «П»), покриття фольгою тощо.

Руберойд (ДСТУ Б А.1.1-15-94) виготовляють просочуванням покрівельного картону м'якими нафтовими бітумами. Потім його покривають з однієї чи з обох сторін тугоплавким нафтовим бітумом і наносять тонкий шар подрібненого мінерального порошку, слюди чи кольорової мінеральної посипки.

Налагоджено випуск руберойду дев'яти марок: РКК-420А, РКК-420Б, РКК-350Б, РКЧ-450Б, РКП-350А, РКП-350Б, РПП-300А, РПП-300Б, РПЭ-300.

Літера «Р» у позначенні марки означає руберойд; К, П, Э – перші літери російських слів: кровельный, подкладочный, эластичный; К, П, Ч - перші літери російських слів, які означають вид посипки: крупнозернистая, пылеватая и чешуйчатая; числа після літер позначають марку картону, літери А, Б – границі міцності при розтягу.

Наплавлений руберойд – покрівельний матеріал, який наклеюють, не застосовуючи покрівельної мастики, розплавленням потовщеного нижнього покривного шару.

### **Завдання для самостійної роботи**

1. Обґрунтувати можливість використання матеріалів на основі бітуму для ізоляційних робіт.
2. Навести приклади використання матеріалів на основі дьогтю.
3. Розшифрувати марок руберойду РКК-420А, РКК-420Б, РКК-350Б, РКЧ-450Б, РКП-350А, РКП-350Б, РПП-300А, РПП-300Б, РПЭ-300.
4. Привести позитивні та негативні властивості матеріалів на основі бітуму.

## Лекція 7 МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ З ДЕРЕВИНИ

### 7.1 Загальні відомості

Деревину 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. Частину цих недоліків можна подолати технічними заходами. Для підвищення гниlostійкості застосовують антисептики, а для підвищення вогнестійкості – антипірени. Виготовлення клеєних дерев'яних конструкцій зменшує усихання й короблення деревини.

Деревину застосовують для виробництва паркету, дверних та віконних коробок, хрестовин, дверного заповнення, вбудованих меблів. Деревину й досі широко використовують для виготовлення шпал, опор ліній електропередач та як кріпильне риштування в підземних розробках.

### 7.2 Будова деревини

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, камбій, заболонь, ядро, стрижень, стрижневі промені та різні шари. У різні пори року камбій розвивається по-різному: влітку він утворює щільну деревину (пізня деревина), навесні – дірчасту (рання деревина). Чим більше утворилося пізньої деревини, тим вище її механічна міцність. Деревина легко розколюється і розтріскується при висиханні по стрижневих променях.

### 7.3 Мікроструктура та хімічний склад

Деревина складається з живих та відмерлих клітин різної форми та величини. Оболонка клітини складається з целюлози, або клітковини  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . У процесі росту клітини оболонка дерев'яніє, що пов'язано з появою лігніну, який надає деревині пружності та твердості.



У деревині хвойних порід зустрічаються ходи, призначені для нагромадження смолистих речовин, що підвищують стійкість і довговічність деревини.

Стінки клітини складені з органічних сполук, які у хвойних порід на 70 %, а у листяних на 80 % представлені вуглеводнями. До 30 % деревини складають речовини ароматичної природи, відомі як лігнін. Вуглеводні та лігнін – високомолекулярні сполуки, полімери з усіма притаманними їм характеристиками.

Незначна частка в складі деревини припадає на екстрактивні речовини, що відносяться до низькомолекулярних сполук (смоли, смоляні кислоти, ефірні масла, барвники тощо). Вони надають деревині колір, запах, смак, підвищують стійкість проти гниття та ураження грибами.

## 7.4 Деревні породи

Деревні породи поділяють на хвойні та листяні. Хвойні породи застосовують переважно для інженерних конструкцій.

*Сосна* - ядрова порода, яка має високу міцність і низьку щільність (середня густина – 470...540 кг/м<sup>3</sup>). Ядро у неї буро-червоного кольору, а заболонь – жовтого. Деревина сосни смолиста, важко піддається загниванню її застосовують у вигляді кругляка та пиляних лісоматеріалів, а також для виготовлення столярних виробів та меблів.

*Ялина* – порода із стиглою деревиною, мало смолиста, має високі показники міцності, низьку середню густина (440...500 кг/м<sup>3</sup>). Її застосовують для виготовлення будівельних конструкцій та столярних виробів.

*Модрина* – ядрова смолиста порода з підвищеними твердістю та середньою густиною (630...730 кг/м<sup>3</sup>), стійка проти загнивання. Застосовують її в будівництві мостів, у гідротехнічному будівництві, для виготовлення шпал та рудникових стояків. Недолік деревини модрини схильність до розтріскування.

*Ялиця* – порода без'ядрова, річні кільця широкі, не містять смоляних ходів. Деревина менш стійка порівняно з іншими породами, тому й не застосовується у вологих умовах експлуатації.

*Кедр* – ядрова порода, яка має низьку щільність, її механічні властивості нижчі. Ніж у сосни; застосовують як будівельний ліс, пиломатеріали, а також для виготовлення столярних виробів.

*Тис* – порода ядрова, використовується для виготовлення меблів, у будівництві широкого застосування не знайшла.

Листяні породи налічують багато найменувань (дуб, бук, осика, вільха, береза, липа, ясень, горіх тощо).

*Дуб* – ядрова порода, яка має високі механічну міцність, в'язкість та щільність (середня густина – 720 кг/м<sup>3</sup>). Має високу стійкість проти загнивання, гарну текстуру. Застосовують у відповідальних конструкціях, мостобудуванні, гідротехнічному будівництві, для виготовлення столярних виробів та меблів.

При тривалому перебуванні у воді деревина темнішає, поступово перетворюючись на морений дуб.

*Бук* – розсіяно-пориста стигло деревна порода. Деревина тверда, щільна (середня густина –  $650 \text{ кг/м}^3$ ), пружна, білого з червоним відтінком кольору, малостійка проти загнивання. Застосовують її для виготовлення столярних виробів, меблів та паркету.

*Осика* – заболонна стигло деревна порода. Деревина легка (середня густина –  $420 \dots 500 \text{ кг/м}^3$ ), м'яка, зеленуватого кольору. Застосовують її для фанери щепи, тари.

*Вільха* – заболонна порода з м'якою деревиною, що легко піддається обробці, нестійка проти загнивання. Застосовують її для фанери та столярних виробів.

*Береза* – заболонна порода. Деревина щільна (середня густина –  $650 \text{ кг/м}^3$ ), має високі міцність, в'язкість; нестійка проти загнивання. Застосовують її для виготовлення фанери, столярних виробів, меблів та паркету, опоряджувальних робіт.

## 7.5 Основні властивості деревини

**Фізичні властивості** деревини: істинна та середня густина, вологість, усихання, розбухання, короблення, теплопровідність, пористість та ряд інших.

*Істинна густина* деревини приблизно однакова для різних порід і становить  $1,53 \dots 1,55 \text{ г/см}^3$ .

*Середня густина* деревини залежить від виду породи, вологості та пористості і може бути в межах  $450 \dots 900 \text{ кг/м}^3$ .

*Вологість* значною мірою зумовлює якість деревини. Розрізняють гігроскопічну вологу, зв'язану в стінках клітин, та капілярну, яка заповнює міжклітинний простір. При висиханні деревина спочатку втрачає вільну (капілярну) вологу, а далі починає виділяти гігроскопічну.

Вологість деревини, що дорівнює 12 % умовно вважається стандартною. Результати визначення всіх фізичних властивостей деревини треба корегувати з урахуванням цієї вологості. При тривалому перебуванні на повітрі при сталих умовах деревина набуває вологості, яку називають рівноважною. Стан деревини в момент, коли в її структурі відсутня вільна волога, називають межею гігроскопічної вологості (для різних порід вона становить 23...35% відносно маси сухої деревини).

*Усихання, розбухання, короблення* деревини відбуваються зі зміною вологості. При висушуванні деревини до межі гігроскопічної вологості її лінійні розміри не змінюються. При подальшому висушуванні розміри деревини зменшуються: уздовж волокон на  $0,1 \dots 0,4 \%$ ; у радіальному напрямі на  $3 \dots 6\%$ ; у тангенціальному на  $6 \dots 12\%$ . Зменшення лінійних розмірів та об'єму деревини при видаленні з неї гігроскопічної вологи називають усиханням. Із зволоженням сухої деревини до досягнення нею границі гігроскопічності, стінки деревних клітин потовщуються, розбухають, що призводить до

збільшення розмірів та об'єму виробів. Цей стан називають розбуханням. Короблення деревини виникає внаслідок неоднакового усихання в різних напрямках. Широкі дошки дужче коробляться, ніж вузькі, а тому ширина дошок, які зазнають під час експлуатації наперемінного зволоження й висушування (підлога, зовнішня обшивка будівель), не повинна перевищувати 12 см.

Щоб запобігти коробленню і розтріскуванню дерев'яних виробів, треба застосовувати деревину з такою вологістю, яка відповідала б умовам експлуатації.

*Теплопровідність* деревини залежить від породи, напряму волокон та вологості.

**Механічні властивості** (міцність при стиску і розтягу, при згині та сколюванні).

*Міцність при стиску* деревини визначають на зразках – призмах перерізом 20 × 20 мм і завдовжки 30 мм уздовж та поперек волокон. Міцність деревини на стиск уздовж волокон у 4...6 разів більша за її міцність поперек волокон. Міцність зразків при стандартній вологості 12% визначають за формулою

$$R_{12} = R_w(1 + \alpha(W - 12)),$$

де  $R_{12}$  – границя міцності при 12%-й вологості, %;

$R_w$  – границя міцності при вологості  $W$ , %;

$\alpha$  – поправковий коефіцієнт на вологість ( для всіх порід 0,04);

$W$  – вологість деревини під час випробування, %.

*Міцність при розтягу* деревини вздовж волокон у 2...3 рази більша за міцність при стиску й у 20...30 разів вища за міцність при розтягу впоперек волокон. Для окремих порід границя міцності при розтягу досягає 100...200 МПа.

Питома міцність деревини при розтягу вздовж волокон порівнювальна з аналогічними показниками сталі та склопластиків. Проте цінні властивості деревини реалізувати в конструкціях складно через наявність вад(сучки, тріщини тощо), які знижують її міцнісні властивості.

Міцність при розтягу деревини хвойних порід мало залежить від вологості, а для деревини листяних порід цей вплив є значнішим.

*Міцність при статичному згині* деревини перевищує міцність при стиску вздовж волокон, але менша за міцність при розтягу і становить для різних порід 50...100 МПа. Високі значення при статичному згині дають змогу широко застосовувати деревину в конструкціях, які працюють на згин (балки, крокви, бруски, настили тощо).

*Міцність при сколюванні* деревини вздовж волокон становить у середньому 3...13 МПа. Міцність при сколюванні впоперек волокон у 3...4 рази вища за міцність при сколюванні вздовж волокон, але чистого зрізу практично не буває, оскільки одночасно відбувається стиск і згин волокон.

*Статична твердість* деревини дорівнює навантаженню, потрібному для вдавлення в поверхню зразка половини металевої кульки на глибину 5,64 мм (площа відбитка дорівнює 1 см<sup>2</sup>). За твердістю по торцю деревину поділяють на

три групи: м'яка з твердістю 35...50 МПа (сосна, ялина, ялиця, вільха); тверда – 50...100 МПа (дуб, граб, ясень, клен, каштан, береза); дуже тверда – понад 100 МПа (самшит, кизил).

**Вади деревини** – це недоліки окремих її ділянок, які знижують якість і обмежують можливості використання. Вади деревини можуть бути пов'язані з відхиленнями від її нормальної будови, пошкодженнями та захворюваннями.

Їх поділяють на такі групи: тріщини, сучки, пошкодження комахами, грибами, трухлявинами, дефекти форми стовбура, вади будови деревини, рани, ненормальні відкладення в середині деревини, хімічні забарвлення. Вплив вад на придатність деревини для будівельних потреб залежить від їхнього місця розташування, виду, розмірів ураження, а також від призначення деревини. Сортність деревини встановлюють з урахуванням наявних вад. Їхнє походження може бути різним. Одні з них утворюються в період росту дерева, інші – в період зберігання та експлуатації.

## **7.6 Застосування деревини. Біокомпозити та композиційні матеріали на основі відходів переробки деревини**

**Круглий ліс.** Залежно від діаметра у верхньому торці круглий ліс підрозділяється на колоди, підтоварник і жердини.

**Колода** – очищена від суків частина стовбура дерева, що має у верхньому торці діаметр від 14 см і більше й довжину колоди від 4 м і більше.

**Підтоварник** – круглий ліс діаметром 8 -14 см.

**Жердина** – круглий ліс із діаметром у верхньому торці від 3 до 8 см.

**Пиломатеріали** виготовляють шляхом поздовжнього розпилювання колод.

**Пластина** – колода, розпиляна по осі стовбура.

**Четвертина** – колода, розпиляна по осі по двох взаємно перпендикулярних напрямках.

**Обаніл** – крайні спиляні колод, одержувані як залишки при розпилі колод на дошки або бруси.

**Дошки** – пиломатеріали, що мають товщину 100 мм і менш, причому їхня ширина в 3 рази перевищує товщину.

**Бруски** – пиломатеріали товщиною 100 мм і менш, що мають відношення ширини до товщини менш двох.

**Бруси** – пиломатеріали шириною й товщиною більше 100 мм.

**Погонажні деталі:** поручні сходів, плінтуси й жолобники, лиштви для вікон і дверей, розкладки, підвіконні плити.

**Столярні вироби:** віконні й дверні блоки, перегородки, панелі.

**Композиційні матеріали:**

**Фанера** одержують склеюванням деревного шпону в три й більше шари у взаємно перпендикулярному напрямку волокон.

**ДСП й ДВП матеріали.** Виготовляють на основі деревних стружок й обпилювань і полімерного в'язучого.

**Ксилоліт і фіброліт.**

Виготовляють на основі деревного волокна й магнезійного в'язучого.

***Оздоблювальні матеріали:***

*Паркет.* Зовнішній вигляд паркетної підлоги залежить від розмірів паркетних планок і текстури деревини. Зі зменшенням розміру планок зменшується можливість жолоблення підлоги. Розрізняють штучний, щитовий і художній паркет.

*Інтарсія* – італійська техніка інкрустації поверхонь шпоном коштовних порід деревини. Відома з VIII-V в. до н.е., розквіт приходить на XVI – XVIII в.в., коли в архітектурі переважав стиль бароко.

*Маркетрі* - французька техніка створення декоративних панно з шматочків цінної деревини різних відтінків, частіше червоного дерева. Відноситься до епохи ренесансу, XIV-XVI в.в.

*Біокомпозити* виготовляють з використанням біотехнологій, заснованих на досягненнях біохімії, мікробіології та інженерних наук. Зв'язуючи матеріалом у біокомпозитах є природні ключі речовини, що видаляються мікроорганізмами з деревини або іншої рослинної сировини. Основними компонентами деревини є природні полімери: целюлоза, геміцелюлоза та лігнін. Лігнін у деревині, яку можна розглядати як природний композиційний матеріал, виконує функцію клею (матриці), а целюлоза – армуючої речовини.

При виготовленні біокомпозитів подрібнена деревина під дією тиску та температури здатна до утворення монолітного матеріалу. Для прискорення цього процесу використовують дерево руйнівні гриби – ксилотрофи.

*Деревношаруваті пластики (ДШП)* – листи або плити, виготовлені з тонкого лушеного шпону, просоченого та склеєного полімерами резольного типу. ДШП використовують для облицювання внутрішніх приміщень громадських і адміністративних будівель та як конструкційний матеріал.

*Деревостружкові плити* виготовляють гарячим пресуванням деревних стружок з полімерними зв'язуючими речовинами. ДСП використовують як основу під килимові та лінолеумні покриття, для надання декоративного ефекту.

*Деревоволокнисті плити* виготовляють гарячим пресуванням волокнистої маси, яка складається з органічних волокон, води, наповнювачів, синтетичних полімерів і деяких добавок. Сировиною для виготовлення плит є відходи деревообробних виробництв та лісозаготівель (тріска, дріб'язок), стебла очерету, льняна костриця та інші рослинні матеріали. Плити і готові вироби можуть бути облицьовані папером, просоченим мочевиноформальдегідним чи меламинаформальдегідним полімером. Облицювання папером дозволяє одержати будівельні деталі з найрізноманітнішої по кольорі, малюнку і фактурі поверхнею. Деревостружкові плити застосовують для внутрішнього облицювання стін, виготовлення вбудованих і пересувних меблів, дверних полотнин, панелей, а також для обшивання стель. Зберігати деревостружкові плити необхідно в закритих складських приміщеннях не піддаючи різким коливанням температури і вологості. ДВП застосовують для покриття підлог, для внутрішньої обробки будівель, обшивки салонів літаків і кают пароплавів.

## 7.7 Захист деревини від гниття та займання

Щоб запобігти загниванню деревини, вживають конструктивні заходи: деревину ізолюють від бетону, цегли, каменю, роблять отвори для провітрювання, захищають від атмосферних опадів. Деревину просочують антисептиками – хімічними речовинами, які вбивають грибні пори чи створюють середовище, в якому їхня життєдіяльність стає неможливою.

До водорозчинних антисептиків належать фтори натрію, мідний купорос тощо. До водонерозчинних антисептиків належать маслянисті (кам'яновугільна смола, антраценове масло, карболені ум) та кристалічні антисептики (технічний оксиди феніл, пентохлорфенол). Через неприємний запах їх можна використовувати для просочування дерев'яних конструкцій, які перебувають на повітрі чи у воді (шпали, частини мостів, палі).

Щоб уникнути займання, передбачають конструктивні заходи: віддаляють дерев'яні конструкції від джерел нагрівання; влаштовують захисні футерівки з вогнестійких матеріалів (цегли, бетону); покривають шаром покривають шаром мало теплопровідного мінерального матеріалу (азбестового, азбестоцементного, пористої штукатурки тощо). Для оберігання від вогню деревину просочують вогнезахисними сполуками (антипіренами). Антипірени готують на основі фосфорнокислого чи сірчистого амонію, бури, борної кислоти. При нагріванні вони легко плавляться й перекривають доступ кисню або виділяють газу, які не підтримують горіння. Вогнезахисні фарбові суміші виготовляють із розчинного скла, піску або крейди та лугостійкого пігменту. При нагріванні фарба пузириться й утворюється пористий захисний шар, який знижує температуру на поверхні деревини.

Значне поліпшення властивостей деревини досягається при її модифікації синтетичними полімерами.

Значне поліпшення властивостей деревини досягається при її модифікації синтетичними полімерами.

### Завдання для самостійної роботи

1. Обґрунтувати можливість розширення виробництва матеріалів і конструкцій на основі деревини на Україні.
2. Порівняти властивості виробів і конструкцій з масиву деревини та клеєних дерев'яних виробів.
3. Розглянути відомі засоби захисту деревини від гниття та займання.
4. Проаналізувати вплив первинних і вторинних вад деревини на якість виробів.

## Лекція 8 ЛАКОФАРБОВІ МАТЕРІАЛИ

### 8.1 Особливості композиційної побудови лакофарбових матеріалів і покриттів

Лакофарбовими називають природні чи штучні матеріали, які наносять у в'язкорідкому стані тонким шаром (60...500 мкм) на поверхню будівельних конструкцій та деталей (бетонних, дерев'яних, металевих тощо) для утворення покриття з необхідними властивостями – захисними, декоративними, спеціальними. Загальною ознакою всіх лакофарбових покриттів є ізоляція поверхні від зовнішніх впливів, надання їм визначеного виду, кольору, фактури

До лакофарбових виробів відносяться ґрунтовки, шпаклівки (шпаклівки), фарби, лаки, емалі. Для досягнення необхідної в'язкорідкої консистенції фарбової суміші без додаткової витрати зв'язуючої речовини застосовують розчинники або розріджувачі.

Лакофарбові покриття (ДСТУ Б А.1.1-45-95) – це покриття, призначені для захисту матеріалів від шкідливих дій навколишнього середовища та досягнення певного декоративного ефекту. Властивості лакофарбових покриттів залежать не тільки від виду та якості застосованих матеріалів, але й від таких факторів, як спосіб покриття до фарбування, дотримання технологічного режиму фарбування та сушіння.

До сучасних лакофарбових покриттів ставляться вимоги, які умовно можна поділити на:

- експлуатаційні (світлостійкість, кольоростійкість, стійкість до механічних дій, хімічна, біологічна стійкість, атмосферостійкість);
- декоративні (фактура, структура покриття, колір, глянсуватість, тобто здатність відбивати світло);
- технологічні (покривна здатність, або витрата матеріалу на 1 м<sup>2</sup> поверхні, швидкість висихання та екологічність, в тому числі безпечність для здоров'я людини і навколишнього середовища під час виробництва матеріалів та їх застосування);
- спеціальні (термостійкість, електроізоляційність, стійкість до рентгенівського випромінювання, стійкість до дії хімікатів, бактерицидність).

Одержання фарбових покриттів – це технологічний процес, що передбачає виконання відповідних операцій: підготовки поверхні, що фарбується (ґрунтування, шпатлювання), нанесення фарбових шарів та сушіння. Ґрунтувальний шар призначений для зменшення відсмоктуючої здатності поверхні будівельної конструкції, а також для поліпшення зчеплення основного покриття з підкладкою. Шпаклювальний шар призначений для вирівнювання поверхні і усунення її дефектів. Після ґрунтування і шпатлювання наносять декілька шарів фарбового покриття. Ґрунтовка, шпаклівка і фарбова суміш утворюють багатшарове покриття.

## 8.2 Класифікація лакофарбових матеріалів

Лакофарбові матеріали за складом (типом плівкоутворюючих 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.

**Маркування** фарбових матеріалів виконується з позначенням виду, природи плівкоутворюючого 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 (лаків).

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 абрєвіатури):

- 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 – вододисперсійні, ОД – органодисперсійні, П – порошкові.

Третя група вказує на переважаючі умови експлуатації та призначення лакофарбового матеріалу (позначається цифрами от 1 до 9)(табл. 8.1).



Таблиця 8.1 - 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

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 оксоль, 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.

### 8.3 Характеристика основних компонентів лакофарбових матеріалів

Основними компонентами для приготування лакофарбових матеріалів є плівкотвірні (зв'язуючі) речовини, пігменти та наповнювачі (для надання визначених властивостей), розчинники, розріджувачі та цільові добавки. Змінити властивості покриттів можна шляхом хімічної модифікації або

застосування іншого плівкоутворювача, що веде за собою і заміну інших компонентів у композиції. Більш простим і ефективним є регулювання властивостей лакофарбових матеріалів за рахунок використання різних добавок, які додають у невеликій кількості (від 0,02 до 3...5 % залежно від призначення). Їх часто називають адитивами.

**Адитиви** – технологічні добавки, які інтенсифікують процеси диспергування пігментів, твердіння, змочування підкладки, усування поверхневих дефектів на стадіях виготовлення, транспортування, зберігання фарб і формування покриття. До адитивів відносять сикативи, диспергатори пігментів, емульгатори, піногасники та ін.

**Плівкоутворювачі** (зв'язуючі) речовини призначені для забезпечення зчеплення між собою частинок пігменту, наповнювача і створення захисно-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 масел (лляного, конопельного й ін.) із введенням сикативів-окислювачів, 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 полотен, віконних плетінь, дощатих підлог й ін. Однак з урахуванням економії дорогих рослинних масел уживання їх у будівництві обмежено.

**Напівнатуральні оліфи** (ущільнені) складаються приблизно наполовину з рослинних масел, 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 масел (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 в'язучі: портландцемент, вапно й рідке калієве скло. У більшості випадків доцільно вживати білий портландцемент. Будівельне вапно у водних фарбах є одночасно білим пігментом і в'язучим. Звичайно використовують високоактивне свіжогашене вапно. Натрієве або калієве рідке скло служить в'язучим 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.

**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 атмосферостійкістю, але недостатньою лугостійкістю.

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 – діоксид титану, цинкові білила, залізо оксидні пігменти, сурик свинцевий та ін.;
- солі – карбонати (свинцеві білила), хромати (свинцеві та цинкові крона); сульфідні (ліпотон, кадмієві пігменти), фосфати ( фосфати кобальту, хрому), комплексні солі (залізна лазур), алюмосилікати (ультрамарин) та ін.

У кольорових покриттях крім кольорів пігмент забезпечує *укривність*, підвищує *атмосферостійкість* 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, масломісткістю, хімічною стійкістю, атмосферостійкістю, антикорозійною стійкістю* та ін.

*Барвна здатність* – здатність пігментів при змішуванні з іншими речовинами надавати їм свого забарвлення.

*Покривність* – 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 плівкоутворювачах. Вони застосовуються для поліпшення малярно-технічних властивостей лакофарбових матеріалів та підвищення експлуатаційних властивостей покриттів, а також для економії пігментів.

*Розчинники* – це рідини, які використовуються для розчинення плівкотвірних речовин, а також для розведення лакофарбових матеріалів до робочої в'язкості перед нанесенням на поверхню. Розчинниками можуть бути вода (для водно дисперсійних фарб) та легкі органічні рідини, які випаровуються в процесі висихання. Органічні розчинники (уайт-спирит, ацетон) використовують для масляних фарб та лаків, гліфталевих та бітумних речовин, епоксидних, перхлорвінілових та нітроцелюлозних лаків і фарб.

*Розріджувачі* (у вигляді води або органічної легкої рідини) на відміну від розчинника тільки зменшують в'язкість фарбової суміші, вони призначені для розведення густо тертих чи сухих мінеральних фарб. Кількість розріджувача для різних фарб не повинна перевищувати 22...40 %.

*Сикативи* – прискорювачі висихання (скорочують тривалість утворення плівки) – це сполуки деяких металів (в основному плюмбуму, мангану, кобальту, кальцію, феруму) з органічними кислотами. Вони є каталізаторами процесу висихання оліф, лаків, емалюй, фарб, ґрунтовок та шпаклівок.

*Пластифікатори* – це органічні продукти, які надають лакофарбовим покриттям необхідної еластичності, підвищеної стійкості до світла, теплоти чи холоду. До них ставляться загальні вимоги: низька леткість, безбарвність, відсутність запаху, сумісність з іншими компонентами, нейтральність.

#### 8.4 Види лакофарбових матеріалів

Залежно від зв'язуючої речовини й призначення лакофарбові матеріали підрозділяють на лаки, емалі, олійні фарби, ґрунтовки й шпаклівки.

**Лаки** – це розчини природних або синтетичних плівкоутворювальних речовин в органічних розчинниках. До їх складу можуть входити також пластифікатори, отверджувачі, каталізатори, світло- і термостабілізатори, антистатика, органічні розчинні барвники й інші компоненти. Лаки застосовуються як такі і як напівфабрикати для виготовлення ґрунтовок, шпаклівок, емалей на масляно-смоляні, безмасляні синтетичні, бітумні, спиртові й нітролаки.

**Масляно-смоляні лаки** — розчини синтетичних смол в органічних розчинниках, змішаних з маслами, що висихають. Їх застосовують для внутрішніх і зовнішніх покриттів по дереву й металу, для розведення емалей і готування шпаклівок.

**Безмасляні синтетичні лаки**, виготовлені на основі мочевиноформальдегідних смол, призначені для покриття паркетних підлог, деревно-тирсових плит і столярних виробів. Перхлорвінілові лаки служать для захисту будівельних конструкцій від впливу атмосферних факторів.

**Бітумні або асфальтові лаки** дають водостійкі плівки чорних кольорів. Їх застосовують для антикорозійного покриття чавунних каналізаційних труб, металевих деталей санітарно-технічного встаткування й т.п.

**Емалі** являють собою дисперсії мінеральних або органічних пігментів або їхньої суміші в розчинах лаків. Порошкові емалі - це сплав смоли (плівкоутворювального) з пігментами. Зміст пігменту в емалях від 80 до 120 % залежно від їх укривності й призначення емалі. Матеріал має гарний розлив, плівка покриття може бути глянцевою.

**Олійні фарби** на відміну від лакових емалей одержують на основі натуральної оліфи. Вони також містять мінеральні пігменти й наповнювачі, іноді - поверхнево-активні речовини. Такі фарби мають поганий розлив, їхня плівка після висихання матова, порівняно м'яка. Фарби на водних емульсіях (водоемульсійні) виготовляють на основі масляних, полівенілацетатних й інших емульсій і відповідних пігментів і наповнювачів.

**Ґрунтовки.** Лакові ґрунтовки виготовляють на основі лаку, масляні - на основі оліфи. Вони містять від 50 до 100 % пігментів і наповнювачів. Крім того, до складу ґрунтовок входять пластифікатори, отверджувачі, поверхнево-активні речовини й спеціальні добавки. Ґрунтовки, застосовувані для ґрунтування поверхні деревини і містять велику кількість наповнювачів, здатних заповнювати пори в деревині.

**Шпаклівки**, так само як й емалі, виготовляють на основі лакових розчинів синтетичних плівкоутворювальних речовин або оліфи. Вміст пігментів і наповнювачів у них може досягати 200-300 % від маси плівкоутворювача.

**Нітролаки** - розчини нітроцелюлози в органічних розчинниках з додаванням як пластифікатори різних смол. Нітролаки швидко твердіють і дають блискучу плівку. Застосовують їх для лакировки пофарбованих і незабарвлених виробів з дерева.

**Спиртові лаки й політура** є спиртовими розчинами природних і штучних смол. Виготовляють їх різних колірив і застосовують для полірування дерев'яних поверхонь і покриття виробів зі скла й металу.

**Емалеві фарби** (емалі) виготовляють шляхом перетирання сухих пігментів з алкідними, гліфталевами, пентафталевами і іншими лаками. Випускають їх у готовому для застосування виді й наносять на поверхню, що офарблюють, кистями, валиками або фарбопультами. Емалеві фарби, нанесені тонким шаром на поверхні різних матеріалів, швидко висихають і мають високу світло-, водо- і антикорозійну стійкість.

**Гліфталеві емалеві фарби** мають обмежену водостійкість, через що їх використовують для обробки внутрішніх приміщень, металу, деревини, бетону і штукатурки. Вони не рекомендуються в приміщеннях з вологим режимом експлуатації.

**Пентафталеві емалеві фарби** застосовують для високоякісного зовнішнього фарбування по металу, дереву, бетону й штукатурці, а також для фарбування санітарно-технічних вузлів і кухонь.

**Алкідно-стирольні емалеві фарби** мають гарну водостійкість, твердість й блиск, але недостатньо атмосферостійкі. Їх застосовують для фарбування дверних і віконних блоків, радіаторів, виробничого устаткування.

**Нітроемалеві фарби** — швидковисихаючі. Їх наносять на дерев'яні й металеві поверхні, раніше покриті нітрогрунтовочними сполуками.

**Водорозріджені фарби** випускають на мінеральній основі, клейові, водоемульсійні (латексні) і полімерцементні.

**Фарби на мінеральній основі** — суміші лугостійких пігментів і мінеральної в'язучої речовини з різними добавками, розведені водою до стану малярської консистенції. Залежно від виду в'язучого ці фарби бувають цементними, вапняними й силікатними.

**Цементні фарби** заводського виготовлення безпосередньо перед застосуванням змішують із водою. Вони характеризуються підвищеною довговічністю й атмосферостійкістю. Ці фарби служать для зовнішнього фарбування каменю, цегли, бетону, штукатурки й інших пористих матеріалів, також для фарбування внутрішніх приміщень із підвищеною вологістю.

**Вапняні фарби** готують на місці виконання малярських робіт. Для цього у вапняне молоко додають мінеральні лугостійкі пігменти й у невеликій кількості добавки — поварену сіль й хлористий кальцій. Вапняні фарбові покриття набувають міцність завдяки карбонізації вапна. Вапняними фарбами головним чином покривають фасади й оштукатурені поверхні стін і стель.

**Силікатні фарби** - це сухі суміші лугостійких пігментів з меленою крейдою, що змішують перед застосуванням з розчином калієвого рідкого скла. Їх широко використовують для фарбування фасадів будинків, цегельних й оштукатурених поверхонь внутрішніх приміщень.

**Клейові фарби** складаються із суміші пігментів і меленої крейди. Їх замішують водяними розчинами тваринного або рослинного клею. Ці фарби

неводостійкі, тому вони застосовуються тільки для фарбування оштукатурених стін внутрішніх сухих приміщень.

В усьому світі безупинно ведуться роботи із синтезу нових лакофарбових матеріалів, удосконалюються методи нанесення й вивчається механізм захисної дії лакофарбових покриттів. Особлива увага приділяється створенню лакофарбових матеріалів, що не містять токсичних і горючих органічних розчинників.

### **Завдання для самостійної роботи**

1. Обґрунтувати можливість використання синтетичних полімерів для виготовлення фарб
2. Порівняти властивості натуральних, напівнатуральних та штучних оліф.
3. Навести приклади і охарактеризувати різні види пігментів.
4. Розглянути допоміжні матеріали, які використовуються при малярних роботах.



## Лекція 9 ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ

### 9.1 Класифікація полімерних речовин та матеріалів на їхній основі

Полімерними речовинами називають високомолекулярні сполуки, які складаються з елементарних (мономерних) ланок, об'єднаних у макромолекули різної будови.

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 фактора.

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 мономери.

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 фактора органічні полімери поділяють на термопластичні та терморективні.

Термопластичні полімери, наприклад, поліетилен, полістирол, спроможні до пластичних деформацій при підвищенні температури, тобто здатні при нагріванні розм'якшуватися й переходити до в'язкопружного стану. При охолодженні вони твердіють, зберігаючи задану форму. Такі перетворення можуть повторюватися неодноразово.

Терморективні полімери, наприклад, фенолформальдегідні, 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.

**Полімерними матеріалами (пластичними масами)** називають матеріали, які містять у своєму складі високомолекулярні органічні речовини – полімери і на певній стадії виробництва набирають пластичності, яка повністю або частково втрачається після затвердіння полімеру.

Розрізняють пластичні маси прості, що складаються лише з полімерної речовини, і складні, до складу яких, крім полімеру, входять інші компоненти: наповнювачі, пластифікатори, стабілізатори, отверджувачі, барвники тощо.

Пластмаси, залежно від призначення їх у будівництві, поділяють на такі основні групи: матеріали огорожувальних і несучих конструкцій; покриття підлог та опорядження стін; гідроізоляційні, герметизуючі, покрівельні, тепло- та звукоізоляційні матеріали; труби та інші погонажні вироби; санітарно-технічні вироби; лаки, фарби, клеї.

## 9.2 Основні властивості полімерних матеріалів (пластмас)

Загальні властивості пластмас залежать від багатьох факторів: хімічної будови полімерів, типу наповнювача, вмісту добавок (пластифікаторів, барвників, стабілізаторів), технології виготовлення.

Середня густина пластмас становить  $900 \dots 2200 \text{ кг/м}^3$  і залежить від виду використаних наповнювачів. СВМ (скловолокнистий анізотропний матеріал) має коефіцієнт конструктивної якості, який дорівнює 225 МПа (для порівняння вироби з важкого бетону мають коефіцієнт конструктивної якості – 21). 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  $0,1 \dots 0,5 \%$ , а високопористих –  $30 \dots 90 \%$  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 °С, і лише деякі види пластмас мають теплостійкість 200...350 °С. 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 індустріальні методи ведення будівельних робіт, замінювати дефіцитні традиційні будівельні матеріали.

### **9.3 Загальна характеристика основних полімерних речовин**

Полімерні речовини виробляють з простих хімічних речовин, які отримують з такої доступної сировини, як нафта, природний газ, кам'яне вугілля, не кормові відходи сільськогосподарського виробництва тощо.

Полімерні речовини можуть перебувати в рідкому або твердому стані. Для твердих полімерів характерна аморфна чи кристалічна структура.

Для полімеризаційних полімерів належать поліетилен, поліпропілен, поліізобутилен, полівінілхлорид, полівінілацетат, полістирол, поліакрилати. Першим термопластом, що знайшов широке застосування, був целулоїд - штучний полімер, отриманий шляхом переробки природної целюлози. Він зіграв велику роль у техніці, особливо в кінематографі, але внаслідок виняткової пожежонебезпеки (сполуки целюлози дуже близькі до бездимного порошу) уже в середині ХХ ст. її виробництво впало майже до нуля.

Розвиток електроніки, телефонного зв'язку, радіо вимагав створення нових електроізоляційних матеріалів з гарними конструкційними й технологічними властивостями. Так з'явилися штучні полімери, виготовлені на основі тієї ж целюлози, названі по перших буквах областей застосування етролами. У цей час лише 2...3 % світового виробництва полімерів становлять целюлозні пластики, тоді як приблизно 75 % - синтетичні термопласти, причому 90 % з них складають тільки три: полістирол, поліетилен,

полівінілхлорид.

З великої кількості синтетичних в'язучих матеріалів, що випускається промисловістю по виробництву гідроізоляційних й антикорозійних матеріалів, у наш час застосовуються: поліізобутилен, поліетилен, полівінілхлорид, полівінілацетат, полістирол, поліпропілен, феноло-формальдегідні, інденкумаронові, акрилові, поліефірні, кремнійорганічні, епоксидно-діанові й поліамідні смоли, а також синтетичні каучуки й латекси. Коротка характеристика цих полімерів надана нижче.

**Поліетилен** — полімер з надзвичайно широким набором властивостей і використовується в більших об'ємах, внаслідок чого його вважають королем пластмас. Поліетилен має винятково високу стійкість проти хімічної деструкції: навіть за 10...12 років експлуатації міцність його знижується лише на чверть. Сполучення високих механічних і хімічних властивостей обумовили широке застосування поліетилену в електротехніці, особливо для ізоляції проводів і кабелів.

Крім поліетилену загального призначення випускаються його багато спеціальних модифікацій, серед яких: антистатичний, з підвищеною адгезійною здатністю, світлостабілізований, що самозагасає, інгібований (для захисту від корозії), електропровідний (для екранування).

Головний недолік поліетилену - порівняно низька нагрівостійкість.

**Полістирол** — неполярний полімер, що широко застосовується в електротехніці, що зберігає міцність у діапазоні температур 210...350 °С. Завдяки введенню різних добавок він здобуває спеціальні властивості: удароміцність, підвищену теплостійкість, антистатичні властивості, атмосферостійкість, пінистість. Недоліки полістиролу - крихкість, низька стійкість до дії органічних розчинників (толуол, бензол, чотирьоххлористий вуглець), які легко розчиняють полістирол; у парах бензину, скипидару, спирту він набухає.

Полістирол, такий що спінюється, широко використовується як теплозвукоізолюючий будівельний матеріал. У радіоелектроніці він знаходить застосування для герметизації виробів, коли треба забезпечити мінімальні механічні напруги, створити тимчасову ізоляцію від впливу тепла, випромінюваного іншими елементами, або низьких температур й усунути їх вплив на електричні властивості, а також — у бортовий і СВЧ -апаратурі.

**Поліізобутилен** – це каучукоподібний еластичний матеріал, отриманий шляхом полімеризації ізобутілену в присутності каталізатора при низьких температурах (біля 110°C). Промисловість випускає два види поліізобутилену: низькомолекулярний, що представляє собою олієподібний продукт, який застосовується головним чином для виготовлення різних клеїв і лаків, і високомолекулярний, що нагадує своїми властивостями каучук.

Високомолекулярний поліізобутилен - безбарвний гумоподібний матеріал, що має високу хімічну стійкість й водонепроникність. Він розчиняється в ароматичних вуглеводнях, у сірковуглеці й хлорованих вуглеводнях. Під дією світла в присутності кисню швидко «старіє», тому вироби з нього випускають із

наповнювачами, такими як крейда, каолін, тальк, сажа, графіт, азбест в кількості до 90 %.

Поліізобутилен застосовується для виготовлення водонепроникних тканин, захисних покриттів, плівок й аркушів. Крім того, він є досить ефективною добавкою до бітумів для додання йому деформативних властивостей. Асфальтові бетони на бітумах з добавками поліізобутилену відрізняються підвищеними пружно-пластичними властивостями, міцністю при стиску й водостійкістю. У зв'язку з тим, що поліізобутиленова добавка різко зменшує проникнення води крізь бітумну плівку, що покриває зерна кам'яних складових асфальтового бетону, для його виготовлення можна використовувати матеріали, які не відрізняються гідрофобними властивостями. Поліізобутилен упаковують у поліетиленову плівку, а потім у мішки із тканини, просоченої нітролаком. Зберігати його необхідно в сухих приміщеннях при температурі не вище +25 °С и захищати від дії прямих сонячних променів. Гарантійний строк зберігання поліізобутилену - два роки.

**Фторопласт** (політетрафторетілен — ПТФЭ) — один із самих термостійких і холодостійких полімерів, зберігає механічну міцність в інтервалі температур 3...600 °С. Густина — 2,2...2,5 г/см<sup>3</sup>, відносне подовження 250...500 %, температура розкладання не менш 673 °С. Питомий опір ( $10^{38}$ ... $10^{20}$  Ом·см) мало залежить від вологи і температури. Має виключно високу хімічну стійкість, в том числі до дії впливу морського туману, сонячної радіації, пліснявих грибків. По відношенню до більшості неорганічних й органічних реагентів він настільки є пасивним, що методи випробувань на стійкість в цих середовищах відсутні. Фторопласт має також високу радіаційну стійкість і використовується для ізоляції дротів на атомних електростанціях. Такі ж дроти можна використовувати і як нагрівачі, занурені безпосередньо у розчини кислот й лугів. Вони не бояться попадання масел, гасу, гідравлічних рідин при підвищених температурах і широко застосовуються для ізоляції бортових авіаційних кабелів. Мають також переваги і при експлуатації в розрідженій атмосфері, де умови тепло відведення погіршені.

Негорючість фторопласта характеризується тим, що він здатний загорятися тільки в чистому кисні, а це різко відрізняє його, наприклад, від поліетилену; теплота згорання невелика - в 10 разів менша, ніж поліетилену; плавлення при горінні ні, фторопласт у полум'ї лише обвуглюється; при горінні або тлінні утворюється небагато диму (але дим містить отрутний фторфосген, тому при температурі вище 773 °С фторопласт небезпечний); фторопласт горить у відкритому полум'ї, але після його видалення горіння припиняється, тобто він нездатний поширювати горіння. Ці якості свідчать про те, наскільки неабияким матеріалом є фторопласт, а також і про те, чого в майбутньому можна чекати від полімерів.

У фторопласта є недоліки, які цілком природно продовжують його переваги:

1. Внаслідок хімічної пасивності він також й є адгезійно інертними, тобто важко піддається склеюванню. Однак способи подолання цієї інертності

вже знайдені. Це або обробка в розплаві окислювачів при  $T > 370$  °С, або в плазмі тліючого розряду в кисні. Завдяки цьому випускаються фольгова ні фторопластові плівки й плівки з однобічним липким шаром.

2. На відміну від типових термопластів фторопласт при підвищенні температури не переходить у в'язкотекучий стан і його не можна переробляти в екструдерах, тому що в'язкість його при 626 К (350°С) усе ще висока — близько  $10^{10}$  Па·с.

Фторопласт має повзучість і погано працює під навантаженням. Механічні властивості його можуть бути поліпшені шляхом радіаційного модифікування й армування скловолокном.

**Поліамід** — новий клас термостійких полімерів з високою міцністю, хімічною стійкістю й тугоплавкістю. Поліамідна плівка працездатна при 473К (200°С) протягом декількох років, при 573 К— 1000 год., при 673 К— до 6 год. Короткочасно вона не руйнується навіть у струмені плазменого пальника. При деяких специфічних умовах поліамід перевершує по температурній стійкості навіть алюміній.

Поліамід, на відміну від фторопласта, легко піддається травленню в концентрованих лугах, що дозволяє готувати наскрізні отвори в плівці. Поліамід має підвищене вологовбирання, й імовірно, тому діелектричні втрати зменшуються з підвищенням температури. Поліамід випускається в різних видах:

1. Плівка товщиною 8...100 мкм, у тому числі фольгована, призначена для гнучких друкованих плат, шлейфів і т.п.

2. Лак ПАК, стійкий після висихання при 470...520 °С, обмежено стійкий при 573 °С, короткочасно стійкий при 670 °С.

3. Прес-матеріал для одержання виробів гарячим пресуванням при температурі 590 К и тиску 100 МПа.

4. Пінопласт (пінополіамід) із густиною 0,8...2,5 г/см<sup>3</sup>, що застосовується в якості тепло- і електроізоляційного матеріалу для температур 90...520 К-

5. Склопластик на основі поліаміду, стійкий до 670 °С, і вуглепластик, що не втрачає механічної міцності при 550 °С.

6. Ізоляційна стрічка, стійка при температурі до 500 °С.

Недолік поліаміду — підвищене вологовбирання (1...3 % за 30 діб.), тому він має потребу в технологічному сушінні (особливо при виготовленні виробів із прес-порошків) і захисту.

Першими **реактопластами**, отриманими близько 100 років тому, були фенолформальдегідні смоли (ФФС). Компонентами цих смол є фенол і формальдегід, реакція поліконденсації яких відбувається при нагріванні до в інтервалі температур 450..470 °С. Відомі два типи ФФС - резольні й новолачні, що трохи відрізняються за властивостями. Вихідною сировиною для ФФС є кам'яне вугілля, що й пояснює дешевину й стає зростання виробництва, особливо у вигляді теплоізоляційних пінопластів для будівельної промисловості. Композиції на основі ФФС і рубаного вуглецевого волокна (вуглепресволокніт) мають підвищену нагрівостійкість - короткочасно до 800

°С. Широко застосовуються в радіоелектроніці гетинакс і текстоліт - шаруваті пластики на основі ФФС із паперовим і тканинним наповнювачами. Недоліки ФФС - крихкість, висока в'язкість олігомерів і висока температура отвердіння.

**Епоксидні смоли** — продукт поліконденсації багатоатомних сполук, що включають епоксигрупу кальцію. Завдяки високій реакційній здатності цих кілець отвердіння епоксидних олігомерів можливо здійснювати за допомогою багатьох сполук й у такий спосіб варіювати температурно-тимчасові режими обробки й властивості пластмаси. Життєздатність суміші низька (1...3 год.), тривалість отвердіння, навпаки, висока - 24 год., причому ступінь полімеризації при цьому лише 60...70 % і продовжує збільшуватися ще протягом 10...30 діб.

Механічна міцність, хімічна стійкість, сумісність із іншими видами смол й олігомерів (ФФС, кремнійорганічними полімерами), великий вибір отверджувачів і інших добавок - якості, які роблять епоксидні смоли незамінними в багатьох галузях техніки. Якщо врахувати також їх високі діелектричні й вологозахисні властивості, стає зрозумілим, чому саме епоксидні смоли стали основним герметизуючим матеріалом радіокомпонентів і шаруватого пластику РЭА - стеклотекстоліту. Немало важливим є те, що епоксидні олігомери можуть бути очищені від домішок, а це зводить до мінімуму шкідливий вплив на поверхню напівпровідникових приладів. Нарешті, епоксидні смоли в затверділому стані оптично прозорі й широко застосовуються в оптоелектронних приладах (фотоприймачах, світлодіодах, оптопарах).

Властивості епоксидних смол змінюються у широких межах, використовуючи різні добавки, які діляться на наступні групи:

- Пластифікатори - органічні сполуки - олігомери, що діють як внутрішнє змащення й поліпшують еластичність і попереджають кристалізацію, відокремлюючи ланцюг полімеру один від одного;
- Наповнювачі - у невеликої кількості додаються для поліпшення міцності й діелектричних властивостей, підвищення стабільності розмірів, теплостійкості;
- Каталізатори - для прискорення отвердіння;
- Пігменти - для надання кольору.

Компаунди можуть бути рідкими й порошкоподібними, вони мають вузьке призначення й тому їх випускають багатьох видів, які можна згрупувати в такий спосіб: герметики, заливальні, просочувальні, еластичні, тиксотропні.

Недоліки реактопластів: непридатність як діелектриків у СВЧ-техніці; неповна відтворюваність технологічних властивостей олігомерів, тому що число епоксигруп мінливо, а це позначається на температурі й тривалості отвердіння.

**Шаруваті пластики** - композиції, що складаються з волокнистого листового наповнювача (паперу, тканини, склотканин), просочених і склеєних між собою різними полімерними сполуками. Шаруваті пластики відрізняються від інших матеріалів тим, що застосовуваний наповнювач розташовується паралельними шарами. Така структура забезпечує високі механічні характеристики, а використання полімерних сполук - досить високий питомий

електричний опір та електричну міцність.

Залежно від виду полімеру й наповнювача розрізняють кілька типів шаруватих пластиків, які наведені у таблиці 9.1.

Таблиця 9.1 - Типи шаруватих пластиків

Найменування шаруватого пластику	Наповнювач	Полімерне в'язуче
Гетинакс	Просочувальний папір товщиною 0,1 мм	Фенолформальдегідна смола (ФФС)
Текстоліт	Бавовняна й синтетична тканини (саржа, бязь, шифон, лавсан)	ФФС
Склотекстоліт	Склотканина з безлужного алюмоборосилікатного скла	Сполучена епоксидна смола й ФФС-сполучена епоксикремнійорганічна смола

Найбільш дешевим матеріалом діелектричних підстав є гетинакс. Він має високі діелектричні властивості, знаходить широке застосування в побутовій радіоапаратурі. Його недоліком традиційно вважається підвищене вологовбирання (1,5...2,5 %) через шари паперу або з відкритих торцевих зрізів, а також крізь полімерне в'язуче. Випускається гетинакс на основі ацетілірованого паперу, що має підвищену вологостійкість й здатний замінити склотекстоліти.

*Текстоліт* має більш високу міцність при стиску й ударній в'язкості й тому використовується також як конструкційний матеріал. Його випускають не тільки у вигляді аркушів, але й плит товщиною до 50 мм.

Склотекстоліти завдяки високим властивостям наповнювача мають найбільш високу механічну міцність, теплостійкість й мінімальне вологовбирання. Вони мають кращу стабільність розмірів, а електричні властивості залишаються високими й у вологому середовищі. В наслідок незвичайної твердості поверхні склотекстоліти зносостійкі. Випускається кілька десятків марок склотекстолітів різного призначення, у тому числі підвищеної нагрівостійкості, тропікостійкості, гальваностійкості, вогнестійкості.

## 9.4 Технологія виготовлення полімерних матеріалів

*Вальцювання* – це операція, при якій маса формується в зазорі між валками, що обертаються. При проходженні крізь валки компоненти маси стискаються, роздавлюються і розтираються.

Цей метод переробки дозволяє отримати нескінченне полотно заданої ширини та товщини і використовується для виготовлення рулонних, плівкових та листових полімерних матеріалів із термопластичних композицій.



**Каландрування** – процес утворення нескінченної стрічки певної товщини та ширини із розм'якшеної полімерної суміші, яку один раз пропускають через зазор між валками.

**Екструзія** – це процес, при якому виробам надають певного профілю, продавлюючи нагріту масу крізь формуювальний отвір (мундштук).

**Пресування** – спосіб формування виробів у прес-формах, що нагріваються. **Лиття** – звичайне у форми та під тиском.

### **Завдання для самостійної роботи**

1. Обґрунтувати можливість використання пластмас для улаштування трубопроводів.
2. Розглянути екотехнології вторинного використання пластмас.
3. Навести приклади і охарактеризувати різні види будівельних матеріалів із пластмас.
4. Розглянути допоміжні матеріали, які використовуються при виготовленні пластмас.
5. Навести приклади термопластичних і термореактивних пластмас і проаналізувати їхні властивості.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Чехов А.П., Глущенко В.М. Строительные материалы. Лабораторные занятия: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища школа, Головное изд-во, 1981. – 208с.
2. Горчаков В.И. Строительные материалы. Учебник для студентов вузов - М: Высшая школа, 1981. – 412с. ил.
3. Микульский В.Г., Гончаров Г.Н. и др. Строительные материалы. - М.: Ассоциация строительнх вузов, 1996. – 356 с.
4. Захарченко П.В., Долгий Е.М. та ін. Сучасні композиційні будівельно-оздоблювальні матеріали. – К.: КНУБА, 2005. – 512 с.
5. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К. та інші. – Будівельне матеріалознавство – Київ – 2004. – 456 с.
6. Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Суханов В.Г. Композиционные строительные материалы и конструкции. Структура, самоорганизация, свойства Одесса – 2010. – 342 с.

*Навчальне видання*

**ШАПОВАЛ** Світлана Володимирівна,  
**ЛАПШИН** Олександр Сергійович

Конспект лекцій з дисципліни

**«БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»**

*(для студентів 2 курсу денної та заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» напрямів підготовки 6.060101 «Будівництво», 6.060103 «Гідротехніка» та слухачів другої вищої освіти спеціальностей 7.06010101 «Промислове та цивільне будівництво», 7.06010107 «Теплогазопостачання та вентиляція»)*

Відповідальний за випуск *О.В. Кондращенко*  
За авторською редакцією  
Комп'ютерне верстання *С. В. Шаповал*

План 2013, поз. 13Л

---

Підп. до друку 10.10.2013  
Друк на різнографі.  
Зам.№

Формат 60 x 84 1 /16  
Ум. друк. арк.7,0.  
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет міського  
господарства імені О.М. Бекетова  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 4705 від 28.03.2014