



БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

для здобувачів освітньо-професійного ступеня **фаховий молодший бакалавр**
освітньо-професійної програми «**Будівництво та експлуатація будівель і споруд**»
галузі знань **G Інженерія, виробництво та будівництво**
спеціальності **G19 Будівництво та цивільна інженерія**
денної форми навчання



Любешів 2025

УДК620.1(07)

Д17

До друку

Голова методичної ради ВСП «Любешівський ТФК Луцького НТУ»

_____ Герасимик-Чернова Т.П.

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій коледжу

Бібліотекар _____ Н.М.Корець

Затверджено методичною радою ВСП «Любешівський ТФК Луцького НТУ»,

протокол № _____ від « ____ » _____ 2024 р.

Рекомендовано до видання на засіданні випускної циклової (методичної) комісії педпрацівників будівельного профілю, будівництва та цивільної інженерії

ВСП «Любешівський ТФК Луцького НТУ»,

протокол № _____ від « ____ » _____ 2024 р.

Голова випускної циклової (методичної) комісії _____ Данилік С.М

Укладач: _____ Данилік С.М., викладач вищої категорії

Рецензент: _____

Відповідальний за випуск: _____ Т.П.Кузьмич, методист ВСП «Любешівський ТФК Луцького НТУ».

Будівельне матеріалознавство [Текст]: конспект лекцій для здобувачів освіти освітньо-професійного ступеня: фаховий молодший бакалавр, галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво спеціальності G19 Будівництво та цивільна інженерія за освітньо-професійною програмою «Будівництво та експлуатація будівель і споруд» денної форми навчання/ уклад. С.М.Данилік – Любешів: ВСП «Любешівський ТФК Луцького НТУ», 2025. – 114 с.

Видання містить конспект лекцій, перелік рекомендованої літератури. Призначене для здобувачів освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», денної форми навчання.

С.М. Данилік, 2025

ЗМІСТ

Тема 1. ВСТУП.....	6
1.1. Значення курсу « Будівельне матеріалознавство».....	6
1.2. Стандартизація будівельних матеріалів.....	7
Тема 2. ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	8
2.1. Класифікації будівельних матеріалів.....	8
2.2. Будова матеріалів.....	8
2.3. Склад матеріалів.....	9
2.4. Властивості будівельних матеріалів.....	9
2.5. Фізичні властивості матеріалів.....	9
2.6. Механічні властивості матеріалів.....	11
2.7. Хімічні й технологічні властивості матеріалів.....	13
Контрольні запитання.....	13
Тема 3. ПРИРОДНІ КАМ'ЯНІ МАТЕРІАЛИ.....	14
3.1. Гірські породи й мінерали.....	14
3.1.1. Магматичні гірські породи.....	14
3.1.2. Осадкові гірські породи.....	16
3.1.3. Метаморфічні гірські породи.....	17
3.1.4. Природні кам'яні матеріали.....	17
3.1.5. Техногенні відходи.....	18
Тема 4. КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ Й ВИРОБИ.....	18
4.1. Загальні відомості.....	18
4.2. Сировина для виробництва керамічних матеріалів.....	19
4.3. Загальна схема технології виробництва керамічних матеріалів.....	20
4.4. Керамічні матеріали й вироби.....	21
4.4.1. Стінові керамічні матеріали.....	21
4.4.2. Вироби для облицювання фасадів.....	22
4.4.3. Плитки для внутрішнього облицювання.....	22
4.4.4. Вироби для покрівлі й перекриттів.....	23
4.4.5. Санітарно-технічна кераміка й керамічні вироби спеціального призначення.....	23
Контрольні запитання.....	24
Тема 5. МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ З МІНЕРАЛЬНИХ РОЗПЛАВІВ.....	24
5.1. Загальні відомості.....	24
5.2. Основи виробництва скла.....	24
5.3. Властивості скла і скловиробів.....	25
5.4. Різновид скляних виробів.....	25
5.5. Сітали, шлакосітали.....	28
5.6. Литі камяні вироби.....	28
Контрольні запитання.....	29
Тема 6. НЕОРГАНІЧНІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ.....	29
6.1. Загальні відомості.....	29
6.2. Повітряні в'язучі речовини.....	30
6.2.1. Гіпсові в'язучі речовини.....	30
6.2.2. Повітряне вапно.....	31
6.2.3. Магнезійні в'язучі.....	32
6.3. Гідралічні в'язучі речовини.....	33

6.3.1. Гідравлічне вапно.....	33
6.3.2. Портландцемент.....	33
6.3.3. Спеціальні види портландцементу.....	35
Контрольні запитання.....	37
Тема 7. БУДІВЕЛЬНІ БЕТОНИ І ЗАПОВНЮВАЧІ ДЛЯ РОЗЧИНІВ І БЕТОНІВ.....	38
7.1. Загальні відомості. Класифікація бетонів.....	38
7.2. Властивості бетонної суміші.....	39
7.3. Основи технології бетону.....	40
7.4. Твердіння бетону.....	44
7.5. Основні властивості важкого бетону.....	44
7.6. Легкі бетони.....	46
7.6.1. Легкі бетони на пористих заповнювачах.....	47
7.6.2. Ніздрюваті бетони.....	48
7.6.3. Крупнопористі бетони.....	49
7.7. Спеціальні види бетонів.....	49
Контрольні запитання.....	50
7.8. Функції заповнювачів у бетонах і розчинах. Класифікація заповнювачів.....	50
7.9. Оцінка якості дрібного заповнювача.....	51
7.10. Оцінка якості великого заповнювача.....	52
7.11. Пористі заповнювачі.....	53
Контрольні запитання.....	54
Тема 8. ЗАЛІЗОБЕТОН.....	54
8.1. Загальні відомості.....	54
8.2. Класифікація залізобетону.....	54
8.3. Способи виробництва залізобетонних конструкцій.....	56
8.4. Види збірних залізобетонних конструкцій.....	56
Тема 9. БУДІВЕЛЬНІ РОЗЧИНИ Й СУХІ БУДІВЕЛЬНІ СУМІШІ.....	58
9.1. Загальні відомості.....	58
9.2. Будівельні розчини.....	58
9.2.1. Матеріали для виготовлення розчинних сумішей.....	59
9.2.2. Властивості розчинних сумішей і затверділих розчинів.....	59
9.2.3. Підбір складу, готування і транспортування розчинів.....	61
9.2.4. Види будівельних розчинів.....	61
9.3. Сухі будівельні суміші.....	62
9.3.1. Характеристика сухих будівельних сумішей фізичного призначення.....	62
9.3.2. Характеристика сухих будівельних сумішей різного призначення.....	63
Контрольні запитання.....	64
Тема 10. МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ З ДЕРЕВИНИ.....	65
10.2.1. Загальні відомості.....	65
10.2.2. Будова і склад деревини.....	65
10.2.3. Загальні властивості деревини.....	66
10.2.4. Деревні породи.....	67
10.2.5. Вади деревини.....	67
10.2.6. Захист деревини від гниття, ураження комахами і загоряння.....	68
10.2.7. Матеріали й вироби з деревини.....	68
Контрольні запитання.....	70

Розділ 11. ОРГАНІЧНІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ І МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ НА ЇХ ОСНОВІ.	71
11.1. Загальні відомості.....	71
11.2. Властивості бітумних і дьогтьових в'язучих.....	72
11.3. Застосування бітумних і дьогтьових в'язучих.....	73
11.4. Асфальтобетони і розчини.....	75
Контрольні запитання.....	76
Тема 12. МЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ.....	77
12.1. Загальні відомості.....	77
12.2. Класифікація металів.....	77
12.3. Основи технології чорних металів.....	78
12.3.1. Виробництво чавуну.....	78
12.3.2. Виробництво сталі та її застосування у будівництві.....	78
12.4. Кольорові метали і сплави.....	80
Контрольні запитання.....	81
Тема 13. ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ.....	81
13.1. Загальні відомості.....	81
13.2. Класифікація полімерних речовин.....	82
13.3. Склад і властивості пластмас.....	82
13.3.1. Склад пластмас.....	82
13.3.2. Властивості пластмас.....	82
13.4. Технологія виробництва пластмас.....	83
13.5. Застосування полімерних матеріалів і виробів.....	83
13.5.1. Конструкційні полімерні матеріали.....	84
13.5.2. Опоряджувальні полімерні матеріали.....	84
13.5.3. Полімерні матеріали для покриттів підлог.....	85
13.5.4. Теплоізоляційні полімерні матеріали.....	86
Контрольні запитання.....	86
Тема 14. ШТУЧНІ МАТЕРІАЛИ Й ВИРОБИ НА ОСНОВІ МІНЕРАЛЬНИХ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН.....	87
14.1. Матеріали й вироби на основі портландцементу.....	87
14.2. Азбестоцементні вироби та конструкції.....	87
14.3. Матеріали й вироби на основі вапняних в'язучих речовин.....	90
14.4. Матеріали й вироби на основі гіпсових в'язучих речовин.....	91
14.5. Матеріали й вироби на основі магнезійних в'язучих речовин.....	91
Контрольні запитання.....	92
Тема 15. ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ І АКУСТИНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ.....	92
15.1. Загальні відомості.....	92
15.2. Будова і властивості теплоізоляційних матеріалів.....	94
15.3. Неорганічні теплоізоляційні матеріали і виоби.....	96
15.4. Органічні теплоізоляційні матеріали і виоби.....	98
15.5. Акустичні матеріали і виоби.....	100
15.6. Звукопоглинальні матеріали і виоби.....	101
15.7. Звукоізоляційні матеріали і виоби.....	102
Тема 16. ЛАКОФАРБОВІ МАТЕРІАЛИ.....	103
16.1. Загальні відомості.....	103
16.2. Основні компоненти лакофарбової композиції.....	104

16.3. Маркування лакофарбових матеріалів.....	105
16.4. Види лакофарбових матеріалів.....	105
16.5 Контрольні запитання.....	108
Тема 17. ВИРОБНИЧА БАЗА БУДІВНИЦТВА.....	108
17.1. Склад виробничої бази будівництва.....	108
17.2. Організація матеріально-технічної бази будівництва.....	109
17.3. Складові матеріально-технічного забезпечення і його наукова база.....	110
17.4. Організація поставок матеріальних ресурсів на будівництво.....	111
Короткий словник спеціальних термінів , що використовуються для вивчення курсу « Будівельне матеріалознавство».....	112
Список літератури.....	113

Тема 1. ВСТУП

1.1. Значення курсу «Будівельне матеріалознавство»

Курс «Будівельні матеріали» є однією з основних інженерних дисциплін, що формує базу знань здобувача освіти, необхідних для вивчення курсів: будівельні конструкції, технологія будівельного виробництва, економіка й організація будівництва, архітектура та ін.

Будівельне матеріалознавство пов'язане з технологією виготовлення матеріалів і базується на використанні таких дисциплін, як загальна й фізична хімія, хімічна термодинаміка та процеси хімічної технології.

Роль і значення матеріалів розглядаються в нерозривному зв'язку з їхньою роботою і поведінням у конструкціях і спорудах за тривалий період експлуатації в реальних умовах. Але розвиток теоретичної бази будівельного матеріалознавства не тільки змінює погляд фахівців на вибір відповідних матеріалів для будівництва споруд різного функціонального призначення, а також ефективно впливає на удосконалення методів, що використовуються при проектуванні будівельних конструкцій.

Завдяки розвитку теоретичних основ будівельного матеріалознавства відмічається поступовий перехід від традиційних проблем, пов'язаних з вивченням технічних характеристик будівельних матеріалів та оцінкою їхньої поведінки в різних умовах експлуатації, до встановлення фізико-хімічних закономірностей утворення матеріалів з наперед заданими властивостями та розкриття механізмів їх руйнування.

Завданням курсу є:

- вивчення фундаментальних властивостей будівельних матеріалів та їхньої зміни в умовах експлуатації;
- вивчення асортименту будівельних матеріалів та технології їхнього одержання;
- вивчення особливостей взаємозв'язку «склад – структура , властивості», а також закономірностей їхньої зміни при фізико-хімічних, фізичних, механічних та інших впливах;
- виявлення шляхів ефективного використання будівельних матеріалів поліфункціонального призначення.

Вивчення курсу «Будівельні матеріали» у підготовці фахівців важливе тому, що жодну споруду не

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

- зробити і професійно обґрунтувати вибір матеріалу з урахуванням експлуатаційних характеристик;
- правильно застосувати прийоми його обробки та укладання в споруди;
- при необхідності замінити одні матеріали іншими без зниження якості споруди;
- організувати правильне транспортування та зберігання матеріалу.

Вивчення цієї дисципліни дозволяє вирішити широкий спектр проблем:

- створення нових матеріалів за рахунок використання раціональних рецептур з урахуванням ймовірнісних показників якості й надійності;
- розширення вимог до матеріалів з урахуванням умов експлуатації;
- керування якістю матеріалів за рахунок ускладнення рецептури при введенні коригуючих добавок.

1.2. Стандарти у будівництві

Стандартизація – система єдиних загальноприйнятих нормативів за типами, параметрами, розмірами і якістю виробів, за величинами вимірів показників, методами випробування, контролю, правилами пакування, маркування і зберігання продукції. Стандартизація сприяє встановленню певного граничного рівня якості готової продукції.

Стандарт – нормативно-технічний документ, що встановлює певний комплекс норм, правил і вимог до об'єкта стандартизації і затверджений у встановленому порядку. В Україні діє державна система стандартизації. Основні вимоги до якості матеріалів, виробів і готових конструкцій масового застосування встановлюються Державними стандартами України (ДСТУ), галузевими стандартами (ГСТ), технічними умовами (ТУ).

ДСТУ і ТУ розробляються на основі новітніх досягнень науки і техніки і містять: точне визначення матеріалу, класифікацію за марками й сортами, технічні умови на виготовлення, методи випробування, умови зберігання і транспортування. ДСТУ і ТУ – документи, які встановлюють, що даний матеріал чи вироб схвалений для виробництва і застосування при визначеній його якості. ДСТУ і ТУ мають силу закону. Основні положення будівельного проектування і виробництва будівельних робіт регламентуються Будівельними нормами і правилами (БНП) і Державними будівельними нормами України (ДБН). У цих документах вимоги до властивостей матеріалів виражені у вигляді марок на ці матеріали. **Марка** будівельного матеріалу – умовний показник, установлюваний за найголовнішими експлуатаційними характеристиками чи комплексом найголовніших властивостей матеріалу. Так, існують марки за міцністю, щільністю, морозостійкістю, вогнетатиском. Той самий матеріал має кілька марок за різними властивостями. Так, для цегли, основними показниками якості є міцність на стиск і вигин, а також морозостійкість. Наприклад, ДСТУ встановлені такі марки керамічної цегли за міцністю на стиск і вигин: М75-М300.

Цифра вказує мінімально допустиму межу міцності матеріалу, виражену в кгс/см².

Тема 2. ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

2.1. Класифікація будівельних матеріалів

Виходячи з умов роботи матеріалу в споруді, будівельні матеріали поділяють за призначенням на:

- **матеріали для несучих конструкцій** (конструкційні), призначені для сприйняття та передачі навантаження: природні камені, бетони, розчини, кераміка, скло, ситали, метали;
- **оздоблювальні матеріали та вироби**, призначені для надання декоративних властивостей будівельним конструкціям, а також для захисту матеріалів цих конструкцій від впливу зовнішніх факторів(архітектурно-будівельне скло, вироби на основі полімерів і цементу, гірські породи, синтетичні фарби, шаруваті пластики, деревно-волокнисті плити, облицювальні керамічні плитки, вологостійкі шпалери та плівки, суха гіпсова штукатурка і т.п.);
- **теплоізоляційні**, основне призначення яких - зведення до необхідного рівня втрат тепла крізь будівельні конструкції із забезпеченням потрібного теплового режиму (мінераловатні вироби, теплоізоляційні пластмаси, піноскло і т.п.);
- **акустичні** матеріали й вироби, звукопоглинаючі й звукоізоляційні, призначені для зниження рівня «шумового забруднення» помешкання до регламентованих меж;
- **гідроізоляційні й покрівельні** матеріали для створення водонепроникних прошарків у будинках та спорудах, які піддаються впливу води та водяної пари: покрівельне залізо, азбоцементні плити (шифер),рулонні матеріали на основі полімерних, **бітумних** в'язучих,
- **герметизуючи** – для обробки стиків різних конструкцій.

В основу класифікації матеріалів також покладено **походження**, у зв'язку з чим матеріали можуть бути:

- **неорганічними** (природні камені, цементи, кераміка, скло);
- **органічними** (деревина, полімери, бітуми, дьогті).

За **способом виготовлення матеріали** поділяють на:

- **природні** (деревина, природне каміння), які піддають тільки механічній обробці;
- **безвипалювальні** – матеріали,які твердіють у звичайних умовах, а також матеріали автоклавної обробки;
- отримані за **допомогою теплової обробки та при випалюванні зі спіканням** (кераміка, мінеральні в'язучі);
- отримані **плавленням** – скло, метали.

2.2. Будова матеріалів

Будову матеріалу вивчають на трьох рівнях:

1. **Макроструктура** матеріалу - будова, видима неозброєним оком.

2. **Мікроструктура** матеріалу - будова, видима в оптичний мікроскоп.

3. **Внутрішня будова** речовин, що складають матеріал на молекулярно-іонному рівні (вивчається з використанням ІЧ-скопії, диференційно-термічного і рентгено - структурного методів аналізу).

Макроструктура твердих будівельних матеріалів може бути: конгломератною, ячеїстою, дрібнопористою, волокнистою, шаруватою, пухкозернистою.

Мікроструктура речовин, що складають матеріал, може бути кристалічною і аморфною. Кристалічна й аморфна форми нерідко є різними станами тієї самої речовини. Найбільш стійкою є кристалічна форма.

Внутрішня будова визначає механічну міцність, твердість, тугоплавкість і т.д. Розрізняють за характером зв'язку між частками (ковалентна, іонна).

2.3. Склад матеріалів

Будівельні матеріали характеризуються хімічним, мінеральним і фазовим складом. **Хімічний склад** дозволяє судити про ряд властивостей матеріалу: вогнестійкості, біостійкості та інших технічних характеристиках. Виражається процентним вмістом основних і кислотних оксидів.

Мінеральний склад показує, які мінерали й у якій кількості містяться в матеріалі. Мінерали являють собою зв'язані основні й кислотні оксиди.

Фазовий склад матеріалу і фазові переходи води, що знаходяться в його порах, впливають на властивості й поведінку матеріалу при експлуатації. З погляду фазової будови в матеріалі виділяють тверді речовини, що утворюють стінки пор (каркас) і пори, заповнені повітрям чи водою.

2.4. Властивості будівельних матеріалів

2.4.1. Фізичні властивості матеріалів

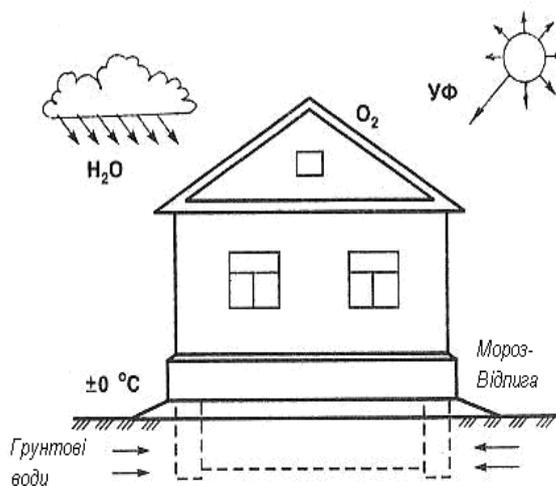


Рис. 2.1 - Вплив зовнішнього середовища на конструкції будівель. Щоб будівля або споруда була міцною та довговічною, необхідно знати агресивні дії зовнішнього середовища, в якому буде працювати кожна конструкція (рис.2.1.). Тому важливо знати, які властивості має той чи інший матеріал.

Фізичні властивості матеріалу характеризують його відношення до фізичних процесів навколишнього середовища і визначаються параметрами стану матеріалу. До параметрів стану матеріалу відносять такі технічні характеристики: **істинна щільність ρ** (г/см³, кг/м³) – маса одиниці об'єму абсолютно щільного матеріалу. Якщо маса матеріалу m , а його обсяг V_a – його обсяг у щільному стані, то $\rho = m/V_a$;

середня щільність ρ_0 (г/см³, кг/м³) – маса одиниці об'єму матеріалу в природному стані (з порами і дефектами):

$$\rho_0 = m/V.$$

Середня щільність матеріалу завжди менше істиною щільності. Наприклад: середня щільність легкого бетону – 500-1800 кг/м³, а його істинна щільність – 2600 кг/м³; **відносна щільність d** виражає щільність матеріалу стосовно щільності води і є безрозмірною величиною;

насипна щільність ρ_n (г/см³ · кг/м³) – маса одиниці об'єму пухко насипаних зернистих чи волокнистих матеріалів (цемент, пісок, щебінь і т.д). Якщо маса матеріалу m , а V_n – його обсяг у пухко насипному стані, то

$$\rho_n = m/V_n;$$

пористість Π – є ступінь заповнення матеріалу порами. Пористість виражають у % чи частках одиниці. При експериментально-розрахунковому методі визначення пористості використовують значення істинної й середньої пористості:

$$\Pi = (1 - \rho_0 / \rho) 100\%$$

Значення пористості будівельних матеріалів коливається від 0 до 98%. Наприклад, пористість важкого бетону – 10%; цегли звичайної – 32%; природних кам'яних матеріалів магматичного походження – 1,4%; міпори (спінених полімерів) – 98% (табл. 2.1). Таблиця 2.1 - Значення істинної й середньої щільності, пористості для деяких будівельних матеріалів

Матеріал	Щільність, кг/м ³		Пористість %
	середня	істинна	
Граніт	2600...2700	2700...2800	0...2
Важкий бетон	2200...2500	2600...2700	2...25
Цегла	1400...1800	2500...2600	25...35
Деревина	400...800	1500...1550	45...70
Пінопласт	15...100	950...1200	90...98

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

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

Водопоглинення – здатність матеріалу всмоктувати й утримувати воду.

Розрізняють водопоглинення за масою і об'ємом :

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

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

де m_1 - маса зразка, насиченого водою;

m - маса сухого зразка.

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

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

де V_v – кількість води (м³), що проходить через стінку площею $S = 1$ м², товщиною $a = 1$ м, за час $t = 1$ год. при різниці гідростатичного тиску на межах стінки $p_1 - p = 1$ м вод ст.

Коефіцієнт розм'якшення – K_p – відношення міцності матеріалу, насиченого водою R_v , до міцності сухого матеріалу R_c :

$$K_p = R_v/R_c.$$

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

Морозостійкість – властивість насиченого водою матеріалу витримувати поперемінно заморожування і відтавання. Морозостійкість матеріалу кількісно оцінюється циклами і відповідно маркою за морозостійкістю. За марку матеріалу по морозостійкості приймають найбільше число циклів поперемінно заморожування і відтавання, що витримують зразки матеріалу без зниження міцності на стиск більше 15%; втрати маси більше 5%.

Теплопровідність – властивість матеріалу передавати тепло від однієї поверхні до іншої.

Характеристикою теплопровідності є коефіцієнт теплопровідності λ (Вт/м °С) На практиці зручно судити про теплопровідність за щільністю матеріалу.

Зазначена залежність виражається формулою В.П. Некрасова:

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

де d – відносна щільність матеріалу.

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

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

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

2.4.2. Механічні властивості матеріалів

Будівельні матеріали і конструкції у процесі експлуатації піддаються різним зовнішнім силам – *навантаженням*, що викликають у них деформації і внутрішні напруження. Навантаження можуть бути: статичними (діють постійно), динамічними (прикладаються раптово і викликають сили інерції). Під діями зовнішніх сил будівельні конструкції деформуються і змінюють форму та розміри, при цьому реагують після зняття навантаження по-різному, виявляючи властивості пружності й пластичності.

Пружність – властивість матеріалу мимовільно відновлювати первісну форму і розміри після припинення дії зовнішніх сил.

Пластичність – властивості матеріалу змінювати форму чи розміри під дією зовнішніх сил, не руйнуючи, причому після припинення дії сили матеріал не може мимовільно відновити розміри і форму.

Крихкість – здатність матеріалу руйнуватися без утворення помітних залишкових деформацій. Основними характеристиками деформаційних властивостей будівельного матеріалу є: модуль пружності, коефіцієнт Пуассона, модуль зрушення, об'ємний модуль пружності, граничні деформації, повзучість.

Міцність – здатність матеріалу опиратися, не руйнуючи, внутрішнім напруженням, що виникають під дією зовнішнього навантаження.

Міцність є основною властивістю більшості будівельних матеріалів, одним з найважливіших показників якості конструкційних матеріалів. Від значення міцності залежить величина навантаження, що може сприймати даний матеріал при заданому перетині, працюючи в конструкції. Міцність матеріалу оцінюють межею міцності R , напругою відповідно навантаженню, яке викликало напругу. Значення межі міцності деяких матеріалів наведені в табл. 1.2.

Залежно від міцності будівельні матеріали розділяються на *марки*. Єдина шкала марок охоплює все будівництво. Найчастіше під маркою розуміють межу міцності при стиску, тому що саме цей вид напруження випробує більшість конструкційних матеріалів, які працюють у споруді. Таблиця 2.2 – Межа міцності деяких будівельних матеріалів

Матеріал	Межа міцності, МПа		
	на стиск	на розтяг	на вигин
Граніт	137...176	-	-
Цегла керамічна	7,5...30	-	1,7... 45
Бетон на цементній основі	10...60	2...12	-
Плити гіпсокартонні	18...50	-	3...7
Сосна (уздовж волокон)	30...45	115	80
Дуб(уздовж волокон)	40...50	175	90
Сталь вуглецева Ст3	359...450	350.	-

Для оцінки ефективності матеріалу в будівництві використовується *коефіцієнт конструктивної якості* (питома міцність), що розраховується як показник міцності, віднесений до відносної щільності матеріалу: $R_y = R/d$,

де d – відносна щільність матеріалу, що є безрозмірною величиною.

Найбільш конструктивними й ефективними в будівництві вважаються матеріали, які мають високу міцність при малій власній щільності. Далі наведені значення R_y для деяких матеріалів:

склопластик – $450/2 = 225$ МПа;

сталь – $390/7,85 = 51$ МПа,

важкий бетон – $40/2,4 = 16,6$ МПа;

легкий бетон – $10/0,8 = 12,5$ МПа;

цегла – $10/1,8 = 5,56$ МПа.

Твердість – властивість матеріалу пручатися проникненню в нього іншого більш твердого матеріалу.

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

$$HV = P/F,$$

де F – площа поверхні відбитка.

Стиранийість – властивість матеріалу пручатися стиранням впливам.

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

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

де m_1 і m_2 - маса зразка до і після стирання;

Зазначена властивість є одним з основних показників якості матеріалів, застосовуваних для дорожнього будівництва, влаштування підлог, сходів.

Ударна в'язкість – властивість матеріалу пручатися ударним навантаженням. Даний вид навантаження на відміну від розглянутих вище має короткочасний, миттєвий характер.

Характеристикою цієї властивості є робота, витрачена на руйнування стандартного зразка, віднесена до одиниці його об'єму: $A_{уд} = m(1 + 2 + 3 + \dots + n)/V \cdot 10^3$,

де m – маса вантажу копра, кг;

V – об'єм зразка, см³;

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

Знос – властивість матеріалу пручатися одночасному впливу зношуючих і ударних навантажень.

Показником зносу служить утрата маси зразка матеріалу в % від чаткової.

2.4.3. Хімічні й технологічні властивості матеріалів

Хімічні властивості матеріалу визначають його здатність вступати в хімічну взаємодію з речовинами навколишнього середовища, при якому утворюються нові речовини. До хімічних властивостей відносять: корозійну стійкість, розчинення, адгезію, горючість, токсичність, дисперсність.

Технологічні властивості матеріалу характеризують відношення матеріалу до різних технологічних процесів, що змінюють стан матеріалу, структуру його поверхні, що додає потрібну форму і розміри. Такі технологічні властивості, як подрібнюваність, розпилюваність, шліфованість, гвоздимість мають важливе практичне значення, тому що від них залежать якість і вартість готових виробів і конструкцій.

Контрольні запитання

1. Якими документами регламентовані вимоги до якості будівельних матеріалів?
2. На яких рівнях вивчається будова матеріалу?
3. Які фізико-хімічні методи аналізу використовують для оцінки складу й структури матеріалу?
4. Що ви знаєте про істинну і середню щільність матеріалу?
5. Розкажіть про фізичні властивості матеріалів (пористість, водопоглинення, вологість, гігроскопічність, вологовіддача).
6. Від чого можуть руйнуватися матеріали зовнішніх конструкцій будинків і споруд?
7. Як оцінюється морозостійкість матеріалу?
8. Який головний фактор визначає теплопровідність матеріалів?
9. Розкажіть про міцність, твердість, пружність та пластичність?
10. Розкажіть про технологічні й хімічні властивості матеріалів?

Тема 3. ПРИРОДНІ КАМ'ЯНІ МАТЕРІАЛИ

3.1. Гірські породи й мінерали

Мінерали – це природні фізично й хімічно однорідні тіла, що виникають у земній корі в результаті фізико-хімічних процесів. Гірські породи складаються з мінералів. У складі земної кори більше 2000 мінералів, але тільки 50 з них є породотвірними. Усі мінерали відрізняються один від одного своїми властивостями, тому перевага в породі тих чи інших мінералів визначає властивості гірської породи. Породотвірні мінерали поділяються на такі групи:

Група кварцу – кристалічний кремнезем (оксид кремнію SiO_2). Міцність при стиску - до 2000 МПа, міцність при розтяганні - близько 100 МПа, висока твердість, хімічна стійкість, $T_{\text{пл}}$ - 1700° С. Найбільш розповсюджені мінерали цієї групи - обпа, халцедон, осадовий кварц.

Група польових шпатів – *ортотлаз* $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$, *плагіоклаз* $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$ і *анортит* $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$. У порівнянні з кварцем польові шпати мають значно меншу міцність 120-170 МПа. Твердість – 6 - 6,5, щільність - 2,57 г/см³, $T_{\text{пл}}$ - 1170 °С.

Група алюмосилікатів - найбільш поширені звичайні (*мусковіт*, *біотит*), *слюди і гідрослюди (гідромусковіт, гідробіотит)* Твердість слюд–2-3. До цієї ж групи відносяться глинисті мінерали, що складають глини і можуть знаходитися як домішки в пісчаниках, вапняках і т.д.

Каолініт - $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, білий, іноді з бурим відтінком, щільність-2,6 г/см³, твердість-1.

Група залізо-магнезіальних силікатів. До цієї групи входять мінерали, що надають темне фарбування магматичним породам. Найбільш поширені *олівіни, піроксени, амфіболи, хризотил, азбест*. Вони відрізняються високою істинною щільністю – 3,2-3,6 г/см³, твердістю – 5,0 – 7,0 за шкалою Мооса.

Група карбонатів і сульфатів. Кальцит (CaCO_3) – безбарвний чи білий, щільність – 2.7 г/см³, твердість – 3.

Доломіт – $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ – безбарвний, іноді з буруватим і жовтуватим відтінком, щільність – 2,8 г/см³, твердість – 3 - 4.;

Магнезит – безбарвний, білий, сірий, щільність – 3,0 г/см³, твердість – 3,5 - 4,5;

Гіпс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – білі чи безбарвні кристали, щільність – 2,3 г/см³, твердість – 2;

Ангідрит CaSO_4 – білий, сірий, склорозовий, блиск – скляний, щільність – 3,0 г/см³, твердість – 3-3,5.

Гірська порода – природний мінеральний агрегат більш-менш визначеного складу і будівлі, що є продуктом геологічних процесів, які відбуваються в надрах земної кори. Залежно від умов формування гірські породи поділяються на три генетичні групи: **магматичні** (вивержені), що утворилися у процесі кристалізації складного силікатного розплаву (магми); **осадові**, виникли з продуктів руйнування будь-яких інших порід; **метаморфічні**, що є продуктом перекристалізації і пристосування порід, що змінилися в межах земної кори за фізико - хімічними умовами.

3.1.1. Магматичні гірські породи

Утворення магматичних гірських порід тісно пов'язано зі складними проблемами походження магми і Землі. Залежно від умов утворення виділяють дві основних групи магматичних порід – **глибинні й що вилилися.**

Глибинні – це породи, що утворилися при застиганні магми на різній глибині в земній корі. Породи, що вилилися, утворилися при вулканічній діяльності, виливі магми з глибин і затвердінні на поверхні. Магматичні породи, що утворилися в різній геологічній обстановці, мають наступні

середні показники найважливіших будівельних властивостей: міцність при стиску – 100-300 МПа; щільність – 2600-3000 кг/м³; водопоглинання – менше 1%; теплопровідність – близько 3 Вт/(м²с).

Граніти володіють сприятливим для будівельного каменю мінеральним складом, що відзначається високим вмістом кварцу (20-30 %), натрієво-калієвих шпатів (35-40%) і плагіоклазу (20-25%), невеликою кількістю слюди (5-10%). Міцність при стиску – 120-250 МПа, пористість - до 1,5 %, щільність – 2700 кг/м³. Граніти різноманітні за кольором, що залежить від фарбування польових шпатів. У зв'язку з високою міцністю на стиск і морозостійкістю граніти застосовують для захисного облицювання набережних, підвалин мостів, цоколів будинків, а також як щебінь для високоміцних і морозостійких бетонів.

Сієніти складаються з калієвих (50-70%) і натрієвих польових шпатів (10-30%), кольорових мінералів (10-20%). За фізико-механічними властивостями близькі до гранітів, трохи уступаючи їм у міцності через відсутність кварцу. Щільність – 2600-2800 кг/м³, міцність – 120 – 150 МПа.

Діорити – породи сірого кольору; складаються з плагіоклазу (65-70%) і рогової обманки (25-30%). Щільність – 2900 кг/м³, міцність при стиску 180-240 МПа.

Габро – порода темного, майже чорного кольору, що відзначається великим вмістом кольорових мінералів і фарбуванням плагіоклазу. Для породи характерна щільність – 2900-3000 кг/м³, міцність при стисненні – 200-300 МПа.

Лабродоріти – різновид габро, що складаються переважно з польових шпатів і мінералу лабрадору. Ці породи завдяки ірізуючій властивості (ірізація – яскравий кольоровий відлив) застосовують у будівництві як облицювальний камінь.

Кварцові порфіри – за мінеральним складом близькі до гранітів. Міцність, пористість, водопоглинання подібні з аналогічними показниками граніту, але порфіри більш тендітні.

Трахіти – є аналогами сієнітів, але більш пористі. Міцність при стисненні – 60-70 МПа, застосовуються як кислототривкий матеріал.

Андезити – аналоги діоритів, що вилилися, за мінералогічним складом. Фізико-механічні властивості подібні до властивостей базальтів. Щільність – 2700-3100 кг/м³, міцність при стиску – 140-250 МПа. Застосовуються як кислотостійкий матеріал, у вигляді щебеню для кислототривкого бетону.

Базальти аналоги, що вилилися, габро, породи чорного кольору, дуже щільні. Щільність базальтів – 2700 - 3300 кг/м³, міцність при стиску – 110 - 500 МПа. Базальти через велику твердість і крихкість важко обробляються, але добре поліруються. Базальти головним чином застосовують як бутовий камінь і щебінь для бетонів, у дорожньому будівництві для мощення вулиць, у гідротехнічному будівництві.

Діабазити – мають чорний колір, обумовлений присутністю плагіоклазу і кольорових мінералів, відрізняються високою твердістю, міцність – 300-400 МПа, мало зношуються і застосовуються у вигляді брущатки для мощення доріг і вулиць

Пемза – пористе вулканічне скло, що утворилося в результаті виділення газів при швидкому застиганні лав. Пористість - 60%, твердість-6, щільність – 0,3-0,9 г/см³. Висока пористість обумовлює гарні теплоізоляційні властивості. Застосовують у вигляді гідравлічної добавки до в'язкого матеріалам, служить як абразивний матеріал при шліфуванні металів і дерева.

Вулканічний попел – найбільш дрібні частки лави, уламки окремих мінералів, є активною мінеральною добавкою.

Вулканічний туф – утворився з твердих продуктів вулканічних вивержень: пемзи, попелу, згодом ущільнених і зцементованих. Застосовують у вигляді пиляного каменю для кладки стін житлових будинків, влаштування перегородок і вогнестійких перекриттів, як декоративний камінь.

3.1.2. Осадові гірські породи

Осадові породи залежно від умов утворення поділяють на три групи: *механічні, хімічні й органігенні опади*.

Механічні породи утворилися в результаті вивітрювання магматичних і метаморфічних гірських порід. Можуть бути пухкі (гравій, глина, піски) і зцементовані (піщаник, конгломерат, брекчія).

Пісок – пухка зерниста порода крупністю зерен 0,14-5 мм, істинна щільність – 2650 кг/м³. Застосовується для виготовлення будівельних розчинів і бетонів, як дрібний заповнювач, служить компонентом сировинної суміші у виробництві скла, силікатних виробів і кераміки.

Глинисті – гірські породи, складаються в основному з дрібних лускатоподібних часток глинистих мінералів. Істинна щільність – 2500-2600 кг/м³, твердість – 1. Застосовуються для виготовлення керамічних виробів, а також само як компонент сировинної суміші у виробництві цементу.

Каолініт - коштовна сировина для виробництва вогнетривких матеріалів.

Піщаник – щільна гірська порода, що складається з зерен кварцу, зцементованих різними природними розчинами. Щільність – 2500-2600 кг/м³, міцність при стиску – 150-250 МПа, висока твердість і стійкість до стирання. З піщаників виготовляють бутові камені, плити для тротуарів і підлог промислових будинків, щебінь для бетонів.

Конгломерати – породи, що складаються з гальки і гравію, зцементованих природним цементом. Щільність – 1600 - 2800 кг/м³, міцність при стиску – 100 - 160 МПа. Практичне значення цих порід невелике, в основному конгломерати застосовують як оздоблювальний камінь.

Брекчії – породи, що складаються з кутастих уламків щебеню, зцементованих природним цементом. Мають обмежене поширення, використовують як оздоблювальний камінь.

Хімічні породи утворилися при випаданні з перенасичених розчинів хімічних опадів. Найбільш розповсюдженими є вапняки, доломіти, магнезити, вапняні туфи, гіпс, ангідрит.

Вапняки – хімічного походження, в основному складаються з кальциту CaCO₃, середня щільність – 1900-2600 кг/м³, пористість щільних вапняків не перевищує десятої частки відсотка, а пухких – 15-20%. Застосовують у вигляді бутового каменю для фундаментів, у вигляді плит і фасонних деталей для зовнішнього облицювання будинків. Вапняковий щебінь часто використовують як заповнювач для бетону. Вапняки широко застосовуються як сировина для одержання в'язкої речовини – цементу.

Доломіти складаються в основному з однойменного мінералу CaCO₃ · MgCO₃, за своїми властивостями близькі до щільних вапняків, щільність – 2200 - 2700 кг/м³, міцність при стиску 40 - 200 МПа. З доломіту виготовляють облицювальні плити, щебінь для бетону, вогнестійкі й мінеральні в'язкі речовини.

Магнезити – складаються в основному з мінералу магнезиту MgCO₃. Застосовують для виготовлення вогнетривких виробів, а також як сировину для виробництва мінерального в'язкого – каустичного магнезиту.

Вапняні туфи – утворилися в результаті випадання CaCO₃ джерел підземних вуглекислих вод. Мають пористу новочеркаську будову. Різновид вапняного туфу – *травертин*, що має високу міцність при стиску – до 80 МПа, застосовують звичайно як декоративний камінь для облицювання будинків. З вапняного туфу одержують вапно, застосовують у виробництві цементу.

Гіпс – складається з мінералу тієї ж назви CaSO₄ 2H₂O, щільність – 2000-2300 кг/м³, міцність при стиску – 50 МПа. Головним чином цей природний гіпсовий камінь застосовують для виготовлення гіпсових в'язких і як добавку при виробництві портландцементу.

Ангідрит – складається в основному з мінералу ангідриту CaSO₄. За зовнішнім виглядом і

властивостями мало відрізняється від гіпсу, застосовується для виробництва гіпсових в'язких. **Органогенні породи** утворилися в результаті відкладення в різних водоймах залишків кістяків і панцирів відмерлих організмів при їхньому наступному ущільненні й цементації. **Вапняк - черепашиник** – пориста порода, складена з раковин і їхніх уламків, зцементованих вапняковим в'язким. Щільність – 800-1500 кг/м³, міцність при стиску – 2-5 МПа, висока пористість, низька теплопровідність. Застосовується у вигляді каменів і блоків для кладки стін житлових будинків, у виді щебеня для легких бетонів. **Крейда** – легка і пухка порода, складається з карбонату кальцію. Застосовують при виробництві цементу та сповісти, як сировинний компонент при виробництві скла, як наповнювач лакофарбових матеріалів і пластмас. **Мергелі** – складаються із суміші карбонату кальцію і глинистих часток. Щільність – 1900-2400 кг/м³, міцність при стиску 30-60 МПа. Мергелі є коштовною сировиною для виробництва цементу. **Діатоміт і трепел** - легкі пухкі породи, що складаються в основному з аморфного кремнезему. Щільність – 400-1200 кг/м³. Застосовують як сировинні матеріали для виробництва.

3.1.3. Метаморфічні гірські породи

Метаморфічні гірські породи сформувалися в надрах земної кори в результаті зміни магматичних і осадових порід під впливом високих температур тиску і хімічно активних речовин. **Гнейси** – за мінералогічним складом подібні до гранітів, але відрізняються від них сланцевою будовою. Властивості близькі до властивостей граніту, щільність – 2800 кг/м³, міцність при стиску – 150-200 МПа. Гнейси застосовують у вигляді лицювальних плит, для кладки фундаментів, у вигляді бутового каменю. **Кварцити** – перекристалізовані піщаники. Містять 95-99% SiO₂. Важливою їхньою властивістю є висока вогнестійкість – до 1710-1770 °С і міцність на стиск – 100-455 МПа. У будівництві кварцити використовують стіновий камінь, підфермений камінь у мостах, бут, щебінь для брушатки. **Мармур** – порода, що утворилася в результаті перекристалізації вапняків. Щільність – 2800 кг/м³, міцність при стиску – 100-300 МПа, добре полірується, легко піддається обробці. Мармур широко застосовують для внутрішньої обробки будинків, сходів і т.п. У вигляді піску й дрібного щебеню його використовують для кольорової штукатурки, лицювального декоративного бетону.

3.1.4. Природні кам'яні матеріали

Природний камінь служив основним будівельним матеріалом ще первісній людині. У Єгипті, Мексиці, Греції, Італії, Китаї збереглися видатні пам'ятники кам'яного зодчества, що є архітектурно-будівельною складовою найдавнішої цивілізації. Кам'яні природні матеріали дуже міцні, довговічні, вогнестійкі і через свої позитивні експлуатаційні і естетичні якості продовжують широко застосовуватися в сучасному будівництві. **За видом обробки** природні кам'яні матеріали поділяють на:

- грубооброблені (бутовий камінь, валунний камінь, щебінь, гравій і пісок);
- вироби і профільовані деталі (ступені, підвіконня, лиштви, капітелі колон);
- штучний камінь і блоки правильної форми (для кладки стін та ін.);
- плити з по-різному обробленою поверхнею (лицювальні для стін, підлоги),
- вироби для дорожнього будівництва (бортовий камінь, брушатка, шашка для мощення).

За способом виготовлення природні кам'яні матеріали поділяють на:

- пиляні (стінові блоки і камені, облицювальні плити і т.д.);
- колоті (бортові камені, брущатка і т.д.).

За щільністю природні камені поділяють на:

- легкі з щільністю не більше $1,8 \text{ г/см}^3$ (пемза, вапняк - черепашник);
- важкі з щільністю більше $1,8 \text{ г/см}^3$ (граніт, діорит і т.д.).

За міцністю при стиску природні камені поділяють на марки (МПа): 0,4; 0,7; 1,5; 2,5; 3,5; 7,5; 10; 12,5; 15; 20; 30; 40; 50; 60; 80 і 100.

За морозостійкістю поділяють на марки: 10; 15; 35; 100; 150; 200; 300; 500.

3.1.5. Техногенні відходи

Відходи виробництва – це всі види залишків виробництва, що мають якусь споживчу цінність і можуть бути використані в матеріальному виробництві. З галузей, що споживають промислові відходи, найбільш ємкою є промисловість будівельних матеріалів.

Найбільше значення для будівельної індустрії мають шлаки чорної і кольорової металургії, золи і шлаки теплових електростанцій. Зазначені техногенні відходи знайшли широке застосування у виробництві шлакопортландцементу, заповнювачів для бетонів, в'язучих автоклавного твердіння, газобетону, вогнетривів.

Відходи деревини і лісохімії (кора, пні, стружка, тріска, обпилювання) використовують для виробництва арболіту, фіброліту, ДВП, ДСП, ксилоліту, клейових виробів.

Тема 4. КЕРМІЧНІ МАТЕРІАЛИ Й ВИРОБИ

4.1. Загальні відомості

Кераміка (грець. keramos – глина) — це штучні кам'яні матеріали й вироби, отримані в результаті технологічної обробки і наступного випалу глинистої сировини. Людина почала використовувати глину на самій зорі свого існування. Найдавніші зображення тварин і людей, виявлені археологами, виліплені в древньому неоліті за 27 тисяч років до н.е. Спочатку керамічні вироби ліпили руками. Поступово навчилися обпалювати їх, щоб глина стала міцнішою, перестала пропускати воду. Найважливіше місце в історії розвитку кераміки займають Китай і Греція, оскільки в цих країнах мистецтво кераміки досягло найбільшого розквіту, чому сприяли багаті родовища глини й природних барвників. Саме в Китаї, у другій половині II-I тисячоріччя була винайдена порцеляна – керамічна маса з високоякісної глини – каоліну. У країнах Близького Сходу кераміка вперше набула широкого застосування в будівництві й оформленні будинків. З обпаленої глини робили мозаїку, яскраві кахлі, архітектурні деталі. У Росії перший цегельний завод був побудований у Москві в 1475 році. Наприкінці XVIII ст. розвиток металургійної, хімічної і електротехнічної промисловості сприяв збільшенню виробництва вогнетривкої, кислототривкої, електроізоляційної кераміки й плиток для підлог. У цей час до поняття керамічні матеріали й вироби входить широке коло матеріалів з різними властивостями, які класифікуються за різними ознаками. За **призначенням** керамічні вироби підрозділяють на наступні види:

стінові, оздоблювальні, покрівельні, дорожні, санітарно-технічні, кислототривкі, теплоізоляційні, вогнетривкі.

За **структурою будови** розрізняють керамічні вироби з *пористим* (водопоглинення за масою більше 5%) і *щільним* (водопоглинення за масою менше 5%) черепком.

За **температурою** плавлення кераміку підрозділяють на:

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

За **видом оздоблення поверхні** керамічні вироби бувають *глазуровані* й *неглазуровані*, *одноколірні* або з *малюнком*, *гладкі* або *рельєфні*. За способом формування розрізняють керамічні вироби, отримані шляхом пластичного формування, напівсухого пресування і шлікерним литтям.

4.2. Сировина для виробництва керамічних матеріалів

Основною сировиною для виробництва кераміки є глини й каоліни. Для поліпшення технологічних властивостей глини, а також надання готовим виробам певних фізико-механічних властивостей використовують непластичну сировину (плавні, спіснювальні, поротвірні та пластифікуючі добавки).

Глиниста сировина є продуктом механічного руйнування вивержених польовошпатових гірських порід, що містить частки глини, кварцу, слюди та інших мінералів, що не розклалися. Глинисті частки мають пластинчасту форму, тому при змішуванні з водою утворюється легко формована пластична маса. Придатність глинистої сировини для виробництва того чи іншого виду кераміки з технологічної точки зору оцінюється його властивостями: *пластичністю, повітряною і вогневою усадкою, вогнетривкістю, вологоємністю, набряканням, розмоканням, тиксотропним зміцненням*. Вказані технологічні характеристики значною мірою пов'язані з хімічним і речовинним складом сировини.

Хімічний склад глин включає глинозем Al_2O_3 , кремнезем SiO_2 , оксид заліза Fe_2O_3 , оксид кальцію CaO , оксиди натрію, магнію і калію. Зі збільшенням вмісту Al_2O_3 підвищується пластичність і вогнетривкість глин, а з підвищенням вмісту SiO_2 пластичність глини знижується, збільшується пористість, знижується міцність виробів.

Речовинний склад включає глинисту речовину, добавки й домішки. Чим більше в глинистій сировині глинистих часток, тим вище пластичність і повітряна усадка глин. Залежно від цього глини підрозділяють на:

- | | | | | |
|---|-------------------------|---|-------------------------------|---------|
| - | високопластичні | - | вміст глинистих часток | 80-90%; |
| - | помірнопластичні | - | | 30-60%; |
| - | малопластичні | - | | 5-30%; |

З метою надання необхідних властивостей як глинам, так і виробам з них до складу глиняної сировини вводять добавки.

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

Поротвірні добавки вводять у сировинну суміш для отримання легких керамічних матеріалів з підвищеною пористістю. До них відносяться: магнезит, крейда, доломит, які під час випалювання

виділяють CO₂, а також вигораючі добавки-деревні обпилювання, вугільний порошок, торфяний пил.

Плавні сприяють зниженню температури випалу виробів і підвищують щільність матеріалу. Функції плавнів виконують польові шпати, залізна руда, доломіт, магнезит, тальк тощо.

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

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

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

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

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

4.3. Загальна схема технології виробництва керамічних матеріалів

Технологія виготовлення керамічних виробів, незважаючи на різноманітність асортименту, що випускається за властивостями, формами і призначенням є загальною й включає наступні технологічні етапи: добування сировинних матеріалів, підготовка керамічної маси (шихти), формування виробів (сирцю), сушіння, випалювання.

Підготовка глини і формування залежно від виду виготовленої продукції, виду й властивостей сировини здійснюється такими способами:

- **пластичне формування** застосовують тоді, коли глиниста сировина волога, пухка, добре розмокає у воді. Для цього використовують легкоплавкі середньо- та помірнопластичні глини, що містять 40...50% піску. Формування виробів при вологості 18-28% здійснюється на стрічкових пресах, які бувають вакуумними й безвакуумними.

- **напівсухий** спосіб виробництва припускає формування керамічних виробів із шихти вологістю 8-12% при тиску 15-40 МПа. Зазначений спосіб має ряд переваг: вироби мають більш правильну форму й точні розміри, до 30% скорочуються витрати палива, допускається використання малопластичних глин з більшим вмістом відходів промислового виробництва. Пресування виробів виконують у пресформах на гідравлічних пресах. Напівсухий спосіб пресування використовується для виготовлення усіх видів виробів;

- **сухий** спосіб є різновидом напівсухого виробництва керамічних матеріалів. Прес-порошок при цьому способі має вологість 2-6%. Усувається операція сушіння відформованого виробу. Цим способом виготовляють щільні керамічні вироби-плитки для підлог, дорожня цегла;

- **шлікерний** спосіб застосовується для виготовлення керамічних виробів складної конфігурації. Виливок виробів виконують з маси вмістом води 40%. Цим способом виготовляють санітарно-технічні вироби, лицювальну плитку.

Сушіння виробів. Перед випалом вироби висушують до вмісту вологи 5-6% у тунельних і камерних сушарках протягом 72-х годин, температура теплоносія 120-150⁰С. Вказана технологічна операція необхідна, щоб уникнути нерівномірної усадки, скривлень і розтріскування виробів при випалі.

Випалювання виробів – найбільш важлива й завершальна стадія виготовлення керамічних

виробів. У процесі випалу під дією температури в сировинній суміші відбуваються складні фізико-хімічні перетворення. Так, при нагріванні сирцю до 120⁰С видалається фізично зв'язана вода й керамічна маса стає непластичною. У більш високій температурній зоні – від 450⁰С до 600⁰С відбувається виділення хімічно зв'язаної води, глинисті мінерали розкладаються на окремі оксиди. При подальшому збільшенні температури вигорають органічні домішки й керамічна маса втрачає свою пластичність. Формування міцності майбутнього черепка починається при 800 ⁰С завдяки протіканню твердофазових реакцій. У процесі нагрівання від 1000 ⁰С до 1200 ⁰С відбувається вогнева усадка виробу й спікання (залежно від виду глини усадка становить 2%-8%). Інтервал температур випалу лежить у межах: від 900⁰С до 1100⁰С для цегли, каменю, керамзиту; від 1100⁰С до 1300⁰С для клінкерної цегли, плиток для підлог; від 1300⁰С до 1800⁰С для вогнетривкої кераміки.

4.4. Керамічні матеріали й вироби

4.4.1. Стінові керамічні матеріали

Керамічні цегли й камені виготовляють із легкоплавких глин з добавками й без, застосовують для кладки зовнішніх і внутрішніх стін, для виготовлення стінових панелей і блоків. Цегла має такі розміри: одинарна – 250x125 мм; потовщена – 250x120x88 мм; модульна – 288x138x63 мм, модульна потовщена – 288x138x88 мм. Камені виготовляють таких розмірів: 250x120x138 мм (звичайний); 288x138x138 мм (модульний); 288x288x88 мм (модульний укрупнений); 250x250x120 мм (укрупнений з горизонтальним розташуванням порожнин). Цегли і камені можуть бути пустотілими (рис. 5.1).

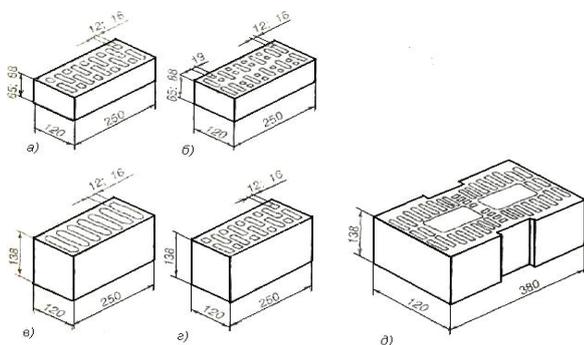


Рис. 5.1 – Цегла й камені керамічні: а – цегла з 18-ма пустотами (порожність 27 і 36%); б – цегла з 28-ма пустотами (порожність 32 і 42%); в – камінь із 7-ма пустотами (порожність 25 і 33%); г – з 18-ма пустотами (порожність 27 і 36%) ; д – укрупнений камінь для кладки стіни в «один камінь» (порожність 45%).

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

- *звичайні* – з щільністю більше 1600 кг/м³;
- *умовно ефективні* – із щільністю більше 1400-1600 кг/м³;
- *ефективні* - з щільністю не більше 1400-1450 кг/м³.

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

Керамічну цеглу, залежно від межі міцності при стиску й згину, 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.

4.4.2. Вироби для облицювання фасадів

Цегла й камені лицьові є оздоблювальними й конструктивними несучими елементами, що працюють у цегельній кладці разом зі звичайною цеглою. Лицьова цегла і камені призначені для мурування і одночасного облицювання зовнішніх стін будівель і споруд, тому мають дві лицьові поверхні. **Лицьові** цегли й камені випускають тих же розмірів і форм, що й звичайні. Залежно від меж міцності при стиску й вигині поділяють на наступні марки: М75; М100; М125; М150. Через підвищену щільність морозостійкість лицьової цегли становить від 25 до 30 циклів. Регулювання складу сировини й режиму випалу дозволяє випускати вироби від кремового до коричневого кольорів. Достоїнством лицьової цегли є підвищена атмосферостійкість, однорідність фарбування і чіткість граней. Залежно від форми й призначення їх ділять на *рядові* (гладка частина стіни) й *профільні* (карнизи, тяги, поясу). Для офактурення поверхні лицьових цегл і каменів використовують ангобірування, глазурування і торкретування кольоровою крихтою. Облицювання стін будівель із керамічної цегли і каменів лицьовими виробами – найефективніший вид оздоблення, оскільки воно виконується одночасно з рядовою кладкою, а лицьові вироби, крім декоративних функцій, виконують і конструктивні функції стіни.

Керамічні фасадні плитки («плинк») виготовляють квадратної або прямокутної форми довжиною з різними координаційними розмірами (від 50x50 до 300x150 мм, завтовшки 7 і 9 мм. Випускаються із глазурованою і неглазурованою, гладкою та рельєфною, одно- або багатокольоровою поверхнею. Застосовують для облицювання фасадів і цоколів, підземних переходів.

4.4.3. Плитки для внутрішнього облицювання

Керамічні плитки для внутрішнього облицювання використовуються для облицювання стін і для покриттів підлог. Ці вироби експлуатуються усередині приміщення, тому вимоги за морозостійкістю до них не пред'являються. Стіни, облицьовані керамічною плиткою, стійкі до вологого й агресивного середовища, відповідають естетичним і санітарно-гігієнічним вимогам. Для облицювання стін застосовують *майолікові* (одержувані із сировинної суміші каоліну, польового шпату, кварцового піску) і *фаянсові* (одержувані з вогнетривких глин, додаючи кварцовий пісок і плавні з наступним глазуруванням) плитки. В основі класифікації плиток лежить характер поверхні (плоскі, рельєфно-орнаментовані, фактурні), вид типу глазури (прозорі, блискучі, матові, одноколірні, багатокольорові), форма й призначення (квадратна, прямокутна, фасонна кутова й карнизна, фасонна плінтусна й т.д.) Водопоглинення плиток для внутрішньої обробки – до 16%, межа міцності при вигині – 12 Мпа. Основні розміри плиток відповідно до європейського стандарту: 100x100, 108x108; 150x150; 150x75; 152x76; 200x15; 200x35; 200x50; 200x75; 200x150; 200x200; 250x200; 300x50; 300x100; 300x200; 300x300. Для покриттів підлог застосовують *метлахські* (ДСТУ Б В. 2.7 – 117-2002) плитки, які володіють підвищеною щільністю і високим опором стираючим навантаженням. Підлоги з керамічних плиток водонепроникні, легко миються, довговічні, кислото- і лугостійкі. До недоліків слід

віднести низький опір ударним навантаженням і високу трудомісткість настилу. Для влаштування підлог застосовують квадратні (від 150x150мм до 500x500мм), прямокутні (від 200x150мм до 500x300мм), багатогранні й фігурні (чотирьох-, п'яти-, шести- і восьмигранні) плитки. *Плитки керамічні мозаїчні* для підлог виготовляють квадратними зі стороною 23 і 48 мм, завтовшки 6 і 8 мм. На заводі плитки лицьовим боком наклеюють на крафт – папір або картон з певним рисунком, одержуючи килими розміром 398 x48 мм. *Великорозмірні* плитки типу «керамограніт» використовують для влаштування підлог у виробничих цехах, магазинах, ресторанах, виставкових залах, лабораторіях. Виготовляють зі щільним черепком (водопоглинення менше 1%) розмірами до 1000x1000 мм, завтовшки 6-10 мм. Керамічний граніт випускають з глинистої сировини з добавкою мінеральних пігментів. Плитки формують на пресі під тиском близько 50 Мпа, а потім випалюють при $T = 1250^{\circ}\text{C}$. Отримані вироби не поступаються природному граніту за показниками міцності, зносостійкості, морозостійкості й привертають увагу будівельників, архітекторів та дизайнерів.

4.4.4. Керамічні вироби для покрівлі й перекриттів

Керамічна черепиця (ДСТУ Б В. 2.7 -28 -95) є найпоширенішим керамічним матеріалом для покрівлі як в Україні, так і в західноєвропейських країнах завдяки своїй екологічній чистоті й довговічності (до 300 років), вогнестійкості, стійкості до атмосферних впливів. Черепицю виробляють з легкоплавких глин широкої колірної гами (від блакитного до чорного). Морозостійкість черепиці повинна бути не менше 25 циклів. До недоліків відносять крихкість, трудомісткість монтажних робіт, велику вагу 1 м^2 (40-80 кг). Застосовують керамічну черепицю на крутих покрівлях з ухилом не менше 30° . Різновиди керамічної черепиці представлені на рис. 5.2.

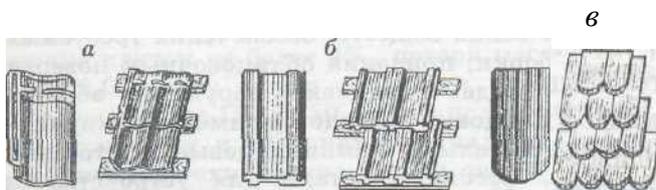


Рис. 5.2 - Види глиняної черепиці: а — штампувальна пазова; б — стрічкова пазова; в — конькова.

4.4.5. Санітарно-технічна кераміка й керамічні вироби спеціального призначення

Вироби санітарні керамічні – раковини, умивальники, унітази, зливальні бачки і т.п. Ці вироби виготовляють з фарфору й фаянсу. Сировиною є біловипалювальні глини, каоліни, кварц і польовий шпат, у різних співвідношеннях. Вони показують, що вироби з фаянсу мають пористість, а з фарфору – щільний, сильно спіклий черепок. Середня щільність напівфарфору є проміжною за значенням між фаянсом і фарфором. До групи санітарно-технічних керамічних виробів відносять дренажні й каналізаційні труби. Дренажні труби застосовують у меліоративному будівництві, для безнапірних мереж каналізації, що транспортують промислові, побутові, дощові, агресивні й неагресивні води. До спеціальних видів кераміки належить цегла для димарів, клінкерна дорожня цегла, кислототривкі вироби.

Контрольні запитання

1. Які матеріали мають назву «кераміка»?
2. Які сировинні матеріали використовують для отримання кераміки?
3. Які види, властивості й засоби виробництва керамічної цегли вам відомі?
4. Наведіть класифікацію керамічних матеріалів за призначенням, структурою черепка та видом поверхні.
5. Наведіть характеристики стінових керамічних виробів.
6. Наведіть характеристики керамічних виробів для облицювання фасадів та внутрішнього облицювання.
7. Які сировинні матеріали використовують для отримання санітарно-технічної кераміки?

Тема 5. МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ З МІНЕРАЛЬНИХ РОЗПЛАВІВ

5.1. Загальні відомості

Як галузь прикладного мистецтва виробництво виробів із скла було особливо розвинуте в Древньому Єгипті, Сирії, Фінікії, Китаї. Винахід складувного способу в середині I століття до н.е. у Сирії а також підвищення температури варіння скла дозволили одержувати прозорі й тонкостінні вироби. Особливо високого розвитку виготовлення скляних виробів досягло у Венеції XVI ст., потім у Богемії і Англії XV ст.(криштал), у Франції кінця XIX ст.(напівпрозоре кольорове скло). На Русі склоробство було розвинуте ще в домонгольську епоху, але потім це виробництво було забуте. Справжній розквіт російського склоробства наступив лише в середині XVIII ст., коли М.В. Ломоносов розробив дешеві способи одержання пофарбованого скла. Розвиток науки і техніки в цьому сторіччі привів до розвитку виробництва виробів з мінеральних розплавів широкої номенклатури, з різними властивостями і призначенням.

Склом називають аморфні тіла, одержувані шляхом переохолодження розплавів, що володіють у результаті поступового збільшення в'язкості механічними властивостями твердих тел. До ознак склоподібного стану речовини відносять: відсутність чітко вираженої температури плавлення, гомогенність та ізотропність. У будівництві застосовують винятково силікатне скло, умовний склад якого залежно від виду і призначення містить оксиди (у % за масою): SiO_2 – 64-73, Na_2O_3 – 10-15; C_2O – 0-5; CaO – 2,5-26,5; Mg – 0-4,5; Al_2O_3 – 0-7,2; Fe_2O_3 – 0-0,4; SO_3 – 0-0,5; V_2O_3 – 0-5.

Варіювання вмісту зазначених оксидів у складі скломаси дозволяє прискорити процес варіння скла, знизити температуру плавлення, надати блиск, поліпшити світлопропускання, підвищити хімічну стійкість та інші експлуатаційні характеристики скла.

5.2. Основи виробництва скла

Сировинні матеріали для виробництва скла розділяють на основні й допоміжні. До **основних** відносяться кварцовий пісок, сода, доломіт, вапняк, поташ, сульфат натрію. **Допоміжні** матеріали вводять у шихту для зміни норм технологічного процесу (прискорення варіння) і надання склу необхідних властивостей. До них відносять: освітлювачі (сульфати натрію і алюмінію, калієва селітра), що сприяють видаленню із скломаси газових пухирців, глушники (кріоліт, плавиковий шпат, подвійний суперфосфат), що забезпечують світлорозсіювальні властивості скла, фарбники, що додають склу заданий колір (з'єднання: кобальт синій, хром

зелений, марганець фіолетовий, залізний, коричневий, синій, зелений тони і т д.). Виробництво скла включає наступні технологічні операції:

- підготовка сировинних матеріалів (сушіння, подрібнювання);
- приготування скляної шихти (дозування і змішання компонентів);
- варіння скломаси;
- вироблення (формування) із скломаси виробів;
- термічна, хімічна чи механічна обробка виробів для поліпшення властивостей.

Варіння скломаси є основним і відповідальним етапом у технології склоробного виробництва. Скловаріння проводять у склоплавильних печах (ванні печі) безупинної чи періодичної (горшкові печі) дії. При нагріванні шихти до 1100..1150°C утворюється розплав, відбувається силікатоутворення. Подальше підвищення температури приводить до повного розчинення найбільш тугоплавких компонентів SiO_2 і Al_2O_3 , утворюється скломаса, насичена газовими пухирцями, яка має неоднорідний склад. Подальший підйом температури до 1500...1600 °C необхідний для освітлення і гомогенізації скломаси. При цій температурі знижується в'язкість розплаву, відповідно полегшується видалення газових включень і одержання однорідного розплаву. Заключним етапом скловаріння є процес охолодження розплаву до температури, що забезпечує необхідну в'язкість для виготовлення виробу прийнятим методом (прокат, пресування, лиття, витягування, видування). Формування виробів здійснюється різними методами. Так, для формування листового скла використовують спосіб вертикального (горизонтального) чи витягувального способу стрічки, що плаває. Крім зазначених способів скляні вироби одержують литтям, прокатом, пресуванням, видуванням.

Випал – технологічна операція, метою якої є зняття залишкових напружень, що виникли при охолодженні скломаси. Скло вторинне нагрівають до утворення його пластичного стану, після чого повільно і рівномірно охолоджують.

5.3. Властивості скла і скловиробів

Найбільш важливими оптичними властивостями скляних матеріалів є показники світлопропускання, світлозаломлення, відображення і розсіювання. Звичайне силікатне скло здатне пропускати всю видиму частину спектра і не пропускати інфрачервоні й ультрафіолетові промені. Звукоізолююча здатність 1 см скла відповідає цегельній стіні в півцегли – 12 см. Силікатне скло володіє високою хімічною стійкістю до більшості агресивних середовищ. Теплопровідність скла знаходиться в межах 0,5-1,0 Вт/(м °с), теплоізоляційні скловироби мають коефіцієнт теплопровідності 0,032-0,14 Вт/(м °с). Щільність звичайного будівельного силікатного скла – 2,5 г/см³, однак щільність стекол спеціального призначення може бути від 2,2 до 6 г/см³. Межа міцності скла при стиску складає 600-1000 МПа, технічна межа міцності при розтяганні 30-90 МПа. Основним недоліком скла є крихкість, поганий опір ударним навантаженням.

5.4. Різновид скляних виробів

Листове віконне скло виробляється товщиною від 2,0 до 6,0 мм, максимальними розмірами залежно від товщини – від 1000x1600 мм до 400x500 мм. Може бути полірованим, неполірованим, неполірованим поліпшеним. Світлопропускання складає 84-89%. Маса 1 м² – 2...5 кг. У таблиці 5.1

наведено розподіл віконного скла за марками й областю застосування.
Таблиця 5.1 – Марки листового скла

Марка скла	Товщина мм	Умовна назва	Рекомендована область застосування
1	2	3	4
M1	2...6	Дзеркальне поліпшене	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 неполіроване	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 неполіроване	Скління вітрин, вітражів ,ліхтарів

Вітринне скло застосовується для засклення вітрин, вікон громадських будинків. Виробляється двох марок: M7 – поліроване, M8 – неполіроване, товщиною 6,5-12 см, розмірами до 3000x6000 мм.

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

Армоване листове скло відрізняється підвищеною міцністю і вогнестійкістю за рахунок армування звареною чи крученою сіткою зі сталевого дроту. Може мати гладку, рифлену і візерункову поверхню. Застосовується для влаштування світлових прорізів, ліхтарів верхнього світла і т.д. Світлопропускання безбарвного армованого скла 65-75%.

Увіолеве скло застосовують для засклення оранжерей і прорізів у дитячих і лікувальних закладах. Пропускає 25-75% ультрафіолетових променів. Такі особливості скла обумовлюють сировинні компоненти з мінеральним вмістом домішок оксидів заліза, титану і хрому.

Триплекс (багатошарове скло) при ударі не дає осколків, тому що складається з декількох листів скла, міцно склеєних між собою полівінілбутерольною плівкою. Товщина триплексу становить не менше 9 мм, а маса 1 м² - близько 20 кг. Світлопроникнення триплексу залежно від типу й товщини скла становить 69...78%. Може бути армованим і неармованим.

Теплопоглинаюче скло захищає інтер'єри будинків від впливу прямого сонячного випромінювання, зменшує сонячну радіацію і нагрівання сонцем приміщень. Як правило, теплопоглинальні стекла мають блакитний, сірий чи бронзовий відтінки, тому що до складу скломаси на стадії виробництва вводять оксиди кобальту, заліза, селенів.

Тепловідображувальне скло одержують нанесенням на поверхню тонких плівок металів і їхніх оксидів. Світлопропускання таких стекел 30-70%. Застосовується для нагрівання приміщень від сонячних і теплових променів. У процесі експлуатації саме скло не нагрівається, тому що велика частина інфрачервоних променів у таких стеклах не поглинається.

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

Блоки скляні порожнисті являють собою герметичні скляні коробки з гладкою чи ребристою зовнішньою поверхнею. Крім гарної світлопропускнуої здатності мають добре тепло- й звукоізоляційні властивості. Застосовуються для влаштування зовнішніх і внутрішніх огорожень. Випускають таких типорозмірів: 194x194мм, 244x244мм, завтовшки 98 мм і 244x244мм завтовшки 75мм. Світлопропускання становить 50...65%.

Склопакети (ДСТУ Б В . 2.7-110-2001) застосовуються для заскління вікон, вітрин, дверей. Це вироби, що складаються з декількох листів світлопропускнуго скла, з'єднаних між собою по контуру. У такий спосіб утворюється герметичний замкнутий прошарок, заповнений сухим повітрям чи газом. Склопакети можуть бути звичайними, світлорозсіювальними, зміцненими, безосколковими, сонцезахисними, звукоізоляційними, електроопалювальними. Достоїнством склопакетів є гарна тепло- и звукоізоляція, а також гігієнічність. Випускають склопакети таких розмірів: довжина 400...2550мм, ширина 400...2950 мм, товщина до 46 мм Відстань між стеклами у двошарових склопакетах становить 9,12,15 мм, у тришарових 9 і 12 мм.

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

Кольорове листове скло являє собою листи головним чином бронзового кольору зі світлопропусканням 1,5-2%. Фарбування поверхні скла здійснюється електрохімічним способом. Кольорові стекла мають в основному декоративне призначення і застосовуються для заскління вікон, дверей, виготовлення вітражів і влаштування.

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

Піноскло – штучний матеріал, отриманий спучуванням розмеленого скла, невеликої кількості деревного вугілля чи вапняку, інших матеріалів, що виділяють гази при температурі розм'якшення скла. Піноскло застосовується в конструкціях як тепло- і звукоізолятор. Виготовляють у вигляді блоків і гранул, щільність – 100-700кг/м³, коефіцієнт теплопровідності – 0,04-0,15 Вт/(м °с).

Скляне волокно у вигляді безупинних ниток, тканин, полотен широко застосовується для виробництва композиційних матеріалів(склопластики, склотекстоліт, склоруберойд та ін.

гідроізоляційні й покрівельні матеріали), виконуючи в них функції зміцнювача. Діаметр скловолокна-5-15 мкм, міцність при розтяганні досягає 4000 МПа.

5.5. Ситали, шлакоситали

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

Технологія виробництва ситалів аналогічна технології виробництва скла, однак передбачається додаткова термічна обробка в кристалізаторі. На відміну від скла обсяг кристалічної фази в сіталах досягає 90-95%. Така структура будови забезпечує сіталам позитивні властивості скла, підвищує міцність при вигині й теплостійкість, робить ситали менш тендітними, ніж скло. Твердість ситалів наближається до твердості загартованої сталі, термостійкість виробів із ситалів досягає 1100°C. За зовнішнім виглядом ситали бувають сірого, коричневого, кремowego кольору, глухі й прозорі. У будівництві ситали застосовують для підлог у промислових цехах, де можливі притоки агресивних речовин і розплавів металів, а також рух транспорту великої вантажопідйомності.

Шлакоситали – різновид ситалів. Одержують шляхом керованої кристалізації скла, сировиною для виробництва якого служать металургійні шлаки, кварцовий пісок і деякі добавки. Це щільний, непрозорий матеріал, що володіє міцністю при стиску 650 МПа, щільністю – 2500-2700 кг/м³, термічною стійкістю до 750°C. За останні десятиліття розроблені склади й технології одержання різноманітного асортименту скляних і склокристалічних матеріалів, що з успіхом застосовуються в будівництві й архітектурі, забезпечують розмаїтість інтер'єру і дизайну в складі художніх і декоративних композицій. До числа таких матеріалів відносяться: смальта, сігран, склокристаліт, склокремнезīt, стемаліт і т.д. Однак відходи склоробного виробництва, що складають у різних країнах 28-38% усіх побутових відходів становлять важливу екологічну проблему. Остання знаходить певне вирішення у промисловості будівельних матеріалів.

5.6. Литі кам'яні вироби

Литі кам'яні вироби виготовляють з розплавлених гірських порід або шлаків литтям у форми з подальшою термічною обробкою. По однорідності структури та технічними властивостями набагато перевершують литі вироби природні кам'яні матеріали. Сировиною для отримання кам'яного лиття служать магматичні гірські породи, частіше базальти і діабазы. Дуже ефективно використовувати для цих цілей металургійні шлаки. Плавлені вироби з такої сировини мають темний колір. Для отримання світлого кам'яного лиття використовують осадові гірські породи, головним чином карбонатні (доломіт, крейда, мармур), і кварцовий пісок.

Технологія кам'яних литих виробів включає підготовку сировинних матеріалів (дроблення, помел, перемішування), плавлення, вилівок виробів, кристалізацію і відпал. Плавлення діабазу і базальту частіше виробляють у ванних печах або вагранках при температурі 1400...1500 °C, а при виготовленні світлого кам'яного лиття - в електричних печах. При охолодженні виливків нижче 1300°C починається процес кристалізації, слідом за яким слід відпалити - повільне охолодження виробів. В процесі відпалу знімаються внутрішні напруги, які виникли в початковій стадії охолодження і кристалізації маси.

Литі кам'яні вироби з шлаків економічно вигідніше виготовляти, використовуючи вогненно-рідкі шлаки, оскільки в цьому випадку не потрібно додаткової витрати палива на розплавлення сировини. Пористість литих кам'яних виробів не перевищує 2 %; всі пори замкнуті і тому матеріал практично не поглинає воду, володіє високою морозостійкістю і велику міцність:

при стисканні - до 400 МПа, при вигині - до 65 МПа і малої стиранистю (в 3...5 разів меншою, ніж у граніту, базальту, діабазу). Їм властиві високі діелектричні показники, термостійкість і хімічна стійкість.

У будівництві литі кам'яні вироби використовують в особливо важких умовах експлуатації (підлоги промислових підприємств, плитки та інші вироби для облицювання відповідальних частин будівель та антикорозійних покриттів, камінь та плити для доріг, труби та облицювання хімічної апаратури і млинів).

Вартість кам'яного лиття, особливо світлого, як і ситалів, порівняно висока, але з урахуванням довговічності їх застосування економічно вигідно.

Контрольні запитання

1. Що називають склом?
2. Які сировинні матеріали використовують для виготовлення скла?
3. Які найголовніші оксиди входять до складу скла?
4. Які найголовніші властивості скла?
5. Як одержують листове скло?
6. Назвіть матеріали й вироби зі скла.
7. Назвіть марки скла.
8. Що таке ситали?

Тема 6. НЕОРГАНІЧНІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ

6.1. Загальні відомості

Неорганічними в'яжучими речовинами називають порошкоподібні матеріали, які при змішуванні з водою утворюють пластично-грузле тісто, здатне згодом мимовільно твердіти у результаті фізико-хімічних процесів. Властивість в'яжучих матеріалів скріплювати між собою зерна піску, гравію, щебеню в процесі переходу з пластичного стану в твердий, використовується для виготовлення бетонів, будівельних розчинів, силкатної цегли, азбестоцементу і т.д. Неорганічні в'яжучі застосовувалися ще в стародавності. Так, при будівництві морських споруд у 1 в. н.е. в Древньому Римі було помічено, що коли вапно змішати з тонкомолотою обпаленою глиною, то отриманий на їхній основі виріб не тільки здобуває водостійкість, але і підвищує свою міцність, знаходячись у воді. Таке вапно з глиняною добавкою назвали гідравлічним. Російські будівельники назвали таке в'яжуче «цементом» і використовували його при будівництві Десятинної церкви і Софійського собору в Києві, стін Московського Кремля. У 1825 р., в наукових працях російського військового техника Е. Челієва з'явилося повідомлення з описом технології одержання цементу шляхом випалу до спікання суміші вапняку і глини. Одночасний винахід цементу був запатентований англійцем Аспідом, який порівнюючи затверділий стан цементного каменю з гірською породою, що добувалася біля м. Портленда, назвав свій винахід «портландцементом». Неорганічні в'яжучі залежно від умов твердіння і експлуатації прийнято класифікувати на **повітряні, гідравлічні** й **в'яжучі автоклавного твердіння**. **Повітряні в'яжучі** можуть тверднути і набирати міцність тільки на повітрі. До цієї групи відносяться гіпсові, магнезійні, вапняні в'яжучі, рідке скло. **Гідравлічні в'яжучі** тверднуть та зберігають міцність не тільки на повітрі, але й у воді. За

хімічним складом гідралічні в'язучі являють собою складну оксидну систему – CaO - SiO₂ - Al₂O₃ - Fe₂O₃. До гідралічних в'язучих відносять: портландцемент і його різновиди, глиноземистий цемент і його різновиди, гідралічне вапно і романцемент. **В'язучі речовини автоклавного твердіння** здатні тверднути й утворювати міцний камінь в автоклавах в умовах підвищених температур, тиску і вологості. До таких в'язучих речовин належать вапняно-кремнеземисті, вапняно-шлакові й вапняно-зольні.

6.2. Повітряні в'язучі речовини

6.2.1. Гіпсові в'язучі речовини

Гіпсові в'язучі речовини (ДСТУ Б В. 2.7-82-99) – складаються головним чином з напівводяного гіпсу чи ангідриду.

Сировиною для одержання гіпсових в'язучих найчастіше служить природний гіпсовий камінь, що переважно складається з мінералу гіпсу CaSO₄ · 2H₂O а також ангідрит CaSO₄, відходи промисловості (фосфогіпс, борогіпс).

В основу класифікації гіпсових в'язучих покладена температура теплової обробки.

Низьковипалювальні гіпсові в'язучі виготовляють тепловою обробкою природного гіпсу при температурі 110-180°C. При зазначеному температурному режимі відбувається дегідратація сировини з одержанням напівгідрату CaSO₄ · 0,5 H₂O:



До **низьковипалювальних** гіпсових в'язучих відносять будівельний, високоміцний і формувальний гіпс.

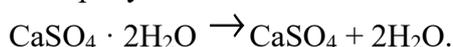
Будівельний гіпс складається в основному з кристалів β-модифікації CaSO₄·0,5H₂O, містить частки сировини, що не розклалася, і незначну кількість CaSO₄. Його одержують у варочних чи казанових печах. Міцність при стиску складає 10-12 МПа.

Високоміцний гіпс одержують термічною обробкою високосортного гіпсового каменю в герметичних апаратах під тиском пари. Зазначена технологія дозволяє одержати більш активну β-модифікацію напівводяного сульфату кальцію CaSO₄ · 0,5H₂O, тому міцність високоміцного гіпсу при стиску 15-25 МПа.

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

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

При вказаній температурній обробці сировини відбувається повна дегідратація з утворенням ангідриду CaSO₄:



Високовипалювальний гіпс, на відміну від будівельного, повільно схоплюється і твердіє, але його водостійкість і міцність при стиску вище (10-20 МПа).

Технічні характеристики гіпсових в'язучих оцінюються визначенням тонкості помелу, водопотреби, строків тужавлення, міцності при згині й стиску, водостійкості.

Істинна щільність гіпсових в'язучих – 2,6...2,75 г/см³;

Насипна щільність – 800...1100 кг/м³;

Водопотреба визначається кількістю води, потрібної для приготування тіста стандартної консистенції (діаметр розпливу 180±5 мм).

Для отримання тіста нормальної густоти з β -модифікації $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ потрібно 50...70% води, а з α -модифікації $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ - 30...40%.

Строки тужавлення. За строками тужавлення гіпсові в'язучі поділяють на три групи: **А** – швидкотверднучі (з початком тужавлення не раніше 2 хв. і кінцем не пізніше -15 хв.), **Б** – нормальнотверднучі (з початком тужавлення не раніше 6 хв. і кінцем – не пізніше 30 хв.), **В** – повільнотверднучі (початок тужавлення не раніше 20 хв.). *Міцнісні* показники гіпсових визначають випробуванням зразків балочок розмірами 40x40x160 мм з гіпсового тіста стандартної консистенції через 2 години після виготовлення. Для гіпсових в'язучих встановлено 12 марок за міцністю при стиску (МПа): Г-2, Г-3, Г-4, Г-5, Г-6, Г-7, Г-10, Г-13, Г-16, Г-19, Г-22, Г-25, де цифра означає нормовану межу міцності при стиску. Маркування гіпсу здійснюється з урахуванням його міцності, строків тужавлення та тонкості помелу, наприклад гіпсова в'язуча речовина з позначкою Г-5-А-ІІ ДСТУ Б В 2.7-82-99 відповідає марці Г-5, є швидкотверднучою і характеризується середньою тонкістю помелу. *Водостійкість* гіпсових виробів є невисокою: коефіцієнт розм'якшення становить 0,35...0,4. Гіпсові в'язучі застосовують для виготовлення гіпсобетонних виробів(перегородкові панелі), сухої штукатурки, штукатурних розчинів, гіпсоцементнопуццоланових в'язучих (ГЦПВ) а також для виробництва ГКЛ(гіпсокартонних листів).

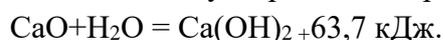
6.2.2. Повітряне вапно

Повітряне вапно (ДСТУ Б В 2.7-90-99) – продукт помірною випалу кальцієво-магнієвих карбонатних гірських порід (вапняку, крейди, вапняку- черепашика, доломітизованого вапняку). Вміст глинистої речовини в сировині до 6% обумовлює твердіння вапна на повітрі. Для одержання повітряного вапна сировина піддається випалу в шахтних печах при температурі 900-1200 °С до повного видалення CO_2 (що складає 44% від маси CaCO_3):
$$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2.$$

Продукт випалу у вигляді шматків білого кольору називається *грудковим негашеним вапном* крім основного оксиду CaO може містити деяку кількість оксиду магнію MgO , що утворюється в результаті розкладання карбонату магнію.

Чим вище вміст основних оксидів ($\text{CaO}+\text{MgO}$), тим пластичніше вапняне тісто і вище сорт вапна. На якості повітряного вапна позначається також вміст зерен недовипалення чи перевипалення, що робить вапняне тісто менш пластичним. Недовипалені частки являють собою зерна сировинного матеріалу, що залишився, не розклався у процесі виробництва вапна, перевипаленні частки – ущільнений оксид кальцію.

Гашене вапно утворюється за реакцією:



Вапно гасять у гідраторах періодичної або безперервної дії. Залежно від характеру наступної обробки грудкового вапна (скільки води витрачається для гашення) одержують три різних продукти:

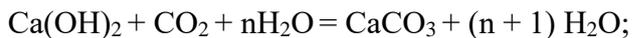
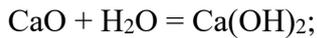
гідратне вапно – «пушонка» – 50-70% води від маси вапна;

вапняне тісто – тістоподібний продукт, що містить 50% твердих часток $\text{Ca}(\text{OH})_2$ і 50% води;

вапняне молоко – розведене водою вапняне тісто.

Процес гасіння грудкового вапна з одержанням вапняного тесту на спеціалізованих розчинних заводах здійснюється у вапногасильних машинах. Для одержання вапна-«пушонки» використовують гідратори безупинної дії, які дозволяють перетворити грудкове вапно в найтонший порошок із щільністю 400-450 кг/м³.

Твердіння повітряного вапна відбувається за рахунок двох, одночасних процесів: зближення кристалів $\text{Ca}(\text{OH})_2$ і їхнього зрощення, а також під дією вуглекислого газу, що міститься у невеликій кількості в повітрі:



Відповідно до реакції твердіння при карбонізації виділяється вода, розчини з використанням вапна твердіють повільно, тому процес твердіння прискорює сушіння. Залежно від вмісту оксиду магнію повітряне вапно розділяється на *кальцієве* (MgO до 5%), *магнезіальне* (MgO =5%-20%) і *доломітове* (MgO = 20-40%).

Процентний вміст оксидів, здатних вступати в реакцію гідратації (піддаватися гасінню) називають активністю вапна.

Залежно від тривалості протікання реакції гасіння вапно розрізняють:

- *швидкогашене* – гасіння до 8 хв.,
- *середньогашене* – від 8 до 25 хв.,
- *повільногашене* – більше 25 хв.

Час гасіння і активність вапна є визначальними показниками якості. Технічні характеристики повітряного вапна оцінюються визначенням активності, тонкості помелу, швидкості гашення, водопотреби, строків тужавлення, міцності при стиску. *Істинна щільність* негашеного вапна – 3,1...3,3 г/см³, гашеного – 2,23 г/см³. *Насипна щільність* грудкового вапна – 1600...2600 кг/м³.

Активність – процентний вміст оксидів ($\text{CaO} + \text{MgO}$), здатних вступати в реакцію гідратації (піддаватися гасінню).

Строки тужавлення дуже повільні. Будівельні розчини на основі гашеного вапна тужавіють 5...7 діб.

Маркування вапна здійснюється з урахуванням його міцності, швидкості гашення та активності, наприклад, вапно з позначкою **ВП-А-1 ДСТУ Б В 2.7-90-99** відповідає вапну повітряному, швидко гашеному, першого сорту.

Повітряне вапно застосовують для виготовлення будівельних розчинів, ячеїстих, легких, важких бетонів, силікатної цегли і силікатних бетонів.

6.2.3. Магнезіальні в'язучі

Магнезіальні в'язучі - *каустичний магнезит MgO і каустичний доломіт $\text{MgO} + \text{CaCO}_3$* одержують шляхом помірною випалу (750-850°C) магнезиту:



Особливістю цих в'язучих речовин є те, що вони замішуються не водою, а водними розчинами солей: хлориду магнію, сульфату магнію. Застосування водних розчинів солей магнію сприяє прискоренню твердіння та підвищенню міцності магнезіальних в'язучих. Магнезіальні в'язучі речовини мають високу міцність при стиску, що досягає 60...100 Мпа. Каустичний магнезит – речовина швидкого твердіння, яка має початок тужавлення не раніше 20 хв., кінець – не пізніше 6 год. Каустичний доломіт відрізняється строками тужавлення: початок через 3...10 год., кінець не раніше 8...20 год.

Магнезіальні в'язучі характеризуються високою адгезією до органічних заповнювачів. Такі вироби (ксилоліт, фіброліт) відрізняються підвищеною ударною в'язкістю, добре обробляються, є жаростійкими, мають звукоізоляційні властивості.

6.3. Гідравлічні в'язучі речовини

Гідравлічні в'язучі являють собою тонкомолоті порошки, що складаються із силікатів і алюмінатів кальцію, гідратуючихся у водяному середовищі з утворенням міцного водостійкого штучного каменю.

6.3.1. Гідравлічне вапно

Гідравлічним вапном (ДСТУ Б В 2.7 – 90-99) називають тонкомолотий продукт випалу при температурі 900-1000°C мергелистих вапняків із вмістом до 20% глинистих домішок. При цій температурі сировинні матеріали розкладаються з утворенням вільних оксидів CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, що надалі, володіючи хімічною активністю, взаємодіють між собою з утворенням силікатів, алюмінатів і феритів кальцію. Саме такий мінералогічний склад забезпечує надалі гідравлічне твердіння цього в'язкого матеріалу.

Залежно від вмісту в гідравлічному вапні вільного оксиду кальцію терміни схоплювання коливаються в межах: початок – 0,5-2 і кінець – 8-16 годин. Активність гідравлічної від 1,7 до 5 МПа. Гідравлічне вапно застосовують для виготовлення низькомарочних легких і важких бетонів, для виготовлення штукатурних і кладочних розчинів.

6.3.2. Портландцемент

Портландцементом називають порошкоподібний матеріал, отримуваний у результаті спільного помелу клінкера (продукту спікання вапняно-глинистої суміші при температурі 1400-1500°C), гіпсу і мінеральних добавок. Невелика добавка гіпсу (3-5%) на стадії помелу клінкера вводить для регулювання термінів схоплювання.

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

Сировиною для виробництва портландцементу служать вапняки з високим вмістом карбонату кальцію (крейда, щільний вапняк, мергелі), і глинисті породи (глини, глинисті сланці), що містять SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃.

У середньому для виробництва 1 т цементу витрачається 1,5 т сировинних матеріалів зі зразковим співвідношенням між карбонатними і глинистими складовими в сировину 3:1. Підготовка сировинних матеріалів до випалу полягає в тонкому подрібнюванні й змішанні компонентів з дотриманням установленого співвідношення. Залежно від виду підготовки сировинної суміші до випалу портландцемент одержують трьома способами: **мокрим** (помел і змішання сировини роблять у воді до одержання однорідного шламу, що містить до 40% води), **сухий** (матеріали подрібнюють і перемішують у сухому вигляді до отримання сировинного борошна) і **комбінований** (сировинну суміш готують мокрим способом, отриманий шлам збезводнюють і гранулюють).

Основним етапом виробництва портландцементу є випал, здійснюваний у печах, що обертаються. Піч являє собою зварений циліндр діаметром 4..5 м і довжиною 150...185 м. Конструкція печі і її розташування (легкий ухил до обрію) дозволяють гартованій масі переміщуватися з однієї температурної зони в іншу назустріч топковому газу. Випал підготовленої сировини супроводжується складними фізико-хімічними процесами. З цього погляду умовно його поділяють на 6 температурних зон:

1-я зона – зона випару. При поступовому підвищенні температури з 70°C сировина підсушується.

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

3-я зона – зона кальціювання. Підвищення температури від 700°C до 1100°C приводить до розкладання глинистого мінералу і карбонату кальцію з утворенням вільних оксидів SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO . У цій же температурній зоні відбуваються твердофазові реакції взаємодії між зазначеними оксидами, в результаті яких утворюються мінерали $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$, CaOAl_2O_3 , частково 2CaOSiO_2 .

4-я зона – зона екзотермічних реакцій. З подальшим підвищенням температури (1100-1250 °C) завершується утворення мінералів 2CaOSiO_2 , $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$, $4\text{CaOAl}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$.

5-я зона – зона спікання. Температура гартованого матеріалу досягає 1300-1450°C. Відбувається часткове плавлення матеріалу утворюється головний клінкерний мінерал 3CaOSiO_2 , повністю зв'язується вільний оксид кальцію.

6-я зона – зона охолодження. Отриманий клінкер проохолоджується до 1000°C, завершується формування його мінералогічного складу.

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

Властивості й застосування портландцементу. На властивості портландцементу значною мірою впливають наступні фактори: мінералогічний і хімічний склад цементного клінкера, наявність добавок, тонкість помелу. Ці параметри знаходяться в безпосередньому зв'язку з такими технічними характеристиками і показниками якості в'язкуючого, як щільність, водопотреба, терміни схоплювання, рівномірність зміни об'єму, активність.

Хімічний склад клінкера виражається процентним вмістом оксидів, що у процесі випалу беруть участь у реакціях мінералоутворення цементного клінкера. Так, цементний клінкер містить: CaO – 63-66%, SiO_2 – 21-24%, Al_2O_3 – 4-8%, Fe_2O_3 – 2-4%.

Мінералогічний склад клінкера включає такі мінерали: Аліт – 3CaOSiO_2 , визначає швидкість твердіння, міцнісні характеристики майбутнього цементного каменю. Вміст у клінкері – 45-60%.

Беліт – 2CaOSiO_2 , твердіє повільно, але забезпечує високу міцність при тривалому твердінні. Вміст у клінкері – 20-30%.

Трикальційовий алюмінат – $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$, активно вступає у взаємодію з водою. Підвищений вміст цього мінералу в складі цементу є причиною сульфатної корозії. Вміст у клінкері – 4-12%. Чотирикальційовий алюмоферрит – $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$, по швидкості твердіння займає проміжне положення між алітом і белітом. Вміст у клінкері – 10-20 %.

Технічні характеристики портландцементу. Істинна щільність цементу без мінеральних добавок становить 3,0...3,2 г/см³, насипна щільність – приблизно 1300 кг/м³. Тонкість помелу цементу повинна бути такою, щоб при просіюванні крізь сито № 008 проходило не менше 85% маси вихідної проби. Водопотреба цементу – це мінімальна кількість води, необхідна для приготування тіста заданої консистенції, звичайно становить 24...28%.

Строки тужавлення цементу – це час, протягом якого цементне тісто втрачає свою пластичність, переходячи майже в твердий стан. Для портландцементу марок М 400, М 500 початок тужавлення має бути не раніше 60 хв., марок М 550 і М 600 – не раніше 45 хв., а кінець – не пізніше ніж через 10 годин після замішування. Рівномірність зміни об'єму пов'язана із запізнілою гідратацією деяких компонентів

портландцементу. Основними причинами цього явища є гашення вільного вапна. Міцність цементу встановлюють за показниками межі міцності при стиску половинок зразків – балочок розмірами 160x40x40 мм, які виготовляють із цементно-піщаної розчинової суміші складу 1:3 при В/Ц, що забезпечує нормальну консистенцію розчинової суміші. Протягом першої доби їх зберігають у камері з вологим повітрям, а після цього – у ванні з водою протягом 27 діб. Значення межі міцності при стиску таких зразків називають *активністю*. Округлене в бік зменшення значення активності в кг/см^2 – це є марка цементу. Згідно зі стандартами України встановлено такі марки портландцементу: М 300, М 400, М 500, М 550, М 600. При умовному позначенні цементу вказують його тип, марку і спеціальні ознаки (висока міцність в ранньому віці – Р; пластифікація і гідрофобізація – ПЛ, ГФ, використання клінкера нормованого складу – Н). Приклад: ПЦ-П/А – Ш – 400Р – ПЛ ДСТУ Б В 2.7.-46-96 – це портландцемент марки М 400 з добавкою до 20% шлаку, пластифікований, швидкотверднучий.

8.3.3. Спеціальні види портландцементу

З метою надання портландцементу спеціальних властивостей, розширивши тим самим його застосування в будівництві, змінюють ступінь подрібнювання, коректують використовувану сировину, вводять спеціальні добавки. Так, регулюючи тонкість помелу, впливають на швидкість твердіння активність, тепловиділення. Введення мінеральних і органічних добавок дозволяє спрямовано змінювати властивості в'язучого, заощаджувати витрату клінкера і т.д. За речовинним складом і міцністю при стиску (на 28 добу) цементу загальнобудівельного призначення поділяють на такі типи і марки (ГОСТ 310.4, ДСТУ Б В 2.7. - 46-96): Тип I – портландцемент (містить від 0 до 5% мінеральних добавок), марки М 300, М 400, М 500, М 600.

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

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

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

Тип V – композиційний цемент (від 36 до 80% мінеральних добавок, причому доменного шлаку – від 18 до 60%, пуцолану – від 10 до 40%), марки М 300, М 400, М 500. **Активні мінеральні добавки (АМД)** являють собою речовини, що містять від 70 до 90% кремнезему SiO_2 . До них відносяться такі осадові породи, як опока, діатоміт, трепел, вулканічний туф, попіл, пемза. Ці добавки одержали назву *пуцоланові*, беруть участь у реакціях гідратації портландцементу з утворенням продукту взаємодії, що надає визначені властивості цементному каменю.

У якості штучних мінеральних добавок до складу цементу вводять паливні шлаки, що являють собою слабо закристалізоване скло. Шлаки володіють високою хімічною активністю, особливо при підвищених температурах. З використанням АМД одержують наступні види цементу: *Пуцолановий портландцемент (ППЦ)* одержують у результаті часткової заміни клінкера активними мінеральними добавками (діатоміт, трепел, опока), вміст яких повинно бути не менше 20% і не більше 30%. Бетони на основі пуцоланового цементу внаслідок вмісту АМД, стійкі до вилужування, сульфатостійкі й застосовуються для будівництва підвідних і підземних частин спорудження, що постійно знаходяться у вологих умовах. На повітрі бетон на ППЦ дає більшу усадку, знижує свою міцність, має низьку морозостійкість, у нормальних умовах твердіє повільно, тому не рекомендується для зимового бетонування.

Щлакопортландцемент (ШПЦ) (ДСТУ Б В 2.7.- 46-96) одержують введенням на стадії помелу клінкера гранульованого доменного шлаку в кількості понад 20%. Цей вид цементу, як і пуцолановий, володіє підвищеною водо- і сульфатостійкістю, зниженою інтенсивністю твердіння, але специфіка складу шлаку визначає і його властивості. Так, хімічна активність шлаку в ШПЦ при підвищенні температури широко використовується при виготовленні збірного залізобетону, що піддається термовологісній обробці з метою прискорення твердіння. Шлак термостійкий, тому ШПЦ застосовують для виробництва жаростійких бетонів, що працюють при температурі до 700°C.

Гіпсоцементнопуцоланове в'язуче (ГЦПВ) одержують змішуванням напівводяного гіпсу (50-75%), портландцементу (15-25%) і АМД 10-25%). Роль АМД у ГЦПВ полягає в забезпеченні стабільності затверділого в'язучого. Портландцемент не рекомендується змішувати з гіпсом для запобігання нестійкості матеріалу, деформації і його руйнуванню. АМД немовби послабляє внутрішні напруження в камені ГЦПВ і забезпечує стійкість у часі. Застосовують у заводському виробництві санітарно-технічних кабін, стінових панелей та ін. *Швидкотверднучий портландцемент* (ШТЦ) – портландцемент з АМД, що характеризується інтенсивним набором міцності в початкові терміни твердіння. Вже в тридобовому віці цементний камінь має більше половини своєї марочної міцності. Зазначена особливість ПЦ-Б забезпечується вмістом у клінкері $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3 + 3\text{CaOSiO}_2$ звичайно не менше 60-65%, підвищеною тонкістю помелу до питомої поверхні 3500 – 4000 cm^2/m . Різновидністю БТЦ є особливо швидкотверднучий і надшвидкотверднучий цемент. Останній дає ранню міцність вже у віці 1-4 години, достатню для розпалубки виробу. Ці види цементів застосовують для зведення споруджень з монолітного бетону, при авральних і зимових бетонних роботах, при ремонтних і відновлювальних роботах, де потрібне швидке наростання міцності.

Поверхнево-активні добавки (ПАД)

Основний принцип дії добавок цього виду полягає в їхній адсорбції на поверхні цементних зерен і продуктах гідратації цементу. ПАД можна розділити на:

- гідрофобізуючі (ЛСТ – лігносульфонати кальцію, СДБ), що поліпшують змочуваність водою цементних зерен;
- гідрофільні (милонафти, асидол, асидолмилонафти, синтетичні жирні кислоти і їхні солі), що надають поверхні цементу властивість водовідштовхування.

До ПАД відносять також *суперпластифікатори* (С-3, СНПІ), введення яких при помелі клінкера дає можливість знизити водопотребу цементу. З використанням ПАД одержують такі види портландцементу: - пластифікований (ПЛ) портландцемент, виготовляють шляхом введення при помелі клінкера 0,15-0,25% ЛСТ. Бетонні й розчинні суміші на основі ПЛ мають підвищену рухливість. Бетони на основі ПЛ володіють підвищеною морозостійкістю і водонепроникністю. Застосування ПЛ дає можливість знизити водопотребу й тим самим знизить витрати цементу на 10-15%. Застосовується в дорожньому, аеродромному і гідротехнічному будівництві; - гідрофобний портландцемент (ПЦ-ГФ) одержують введенням при помелі клінкера гідрофобізуючих добавок 0,05 – 0,3%. Гідрофобний цемент підвищує рухливість бетонних сумішей, що, у свою чергу, приводить до збільшення водостійкості, водонепроникності і морозостійкості бетонів. Застосовують у гідротехнічному, дорожньому і аеродромному будівництві.

- в'язуче низької водопотреби (ВНВ) одержують спільним помелом портландцементного клінкера із суперпластифікатором, що дозволяє отримати питому поверхню цементу 4500-5000 cm^2/m .

Зазначена тонкість помелу забезпечує підвищену реакційну здатність ВНВ. Введення органічної добавки знижує водопотребу в'яжучого до 18-15%, сповільнює початок схоплювання до 6..7 годин, забезпечує швидкий ріст міцності в ранні строки твердіння. Рекомендується застосовувати для виготовлення високоміцних бетонів, тому що морозна міцність ВНВ лежить у межах 700-1000 кг/см².

До спеціальних видів портландцементу відносять:
- *сульфатостійкий (ССПЦ) портландцемент*, одержуваний на основі клінкера, утримує не більше 50% C₃S, 5% C₃A і 22% C₃A + C₄AF. Знижений вміст трикальцевого алюмінату забезпечує стійкість бетонів на основі ССПЦ до дії сульфатної корозії, і підвищує морозостійкість. На стадії помелу цементного клінкера крім гіпсу іноді вводяться пластифікуючі й гідрофобізуючі добавки з метою підвищення морозостійкості.

- *білий і кольоровий цемент* одержують шляхом випалу чистих вапняків і білих глин. У сировинних матеріалах не повинні міститися оксиди заліза і марганцю, оскільки їхня навіть незначна присутність надає цементу зеленувато-сірий колір. Домішують до білого цементу лужностійкі мінеральні й органічні пігменти;

- *глиноземистий цемент* являє собою гідравлічне, швидкотверднуче в'яжуче, одержуване із сировинних матеріалів з високим вмістом глинозему Al₂O₃. Для мінералогічного складу глиноземистого цементу характерний переважний вміст низькоосновних алюмінатів кальцію, головним з яких є моноалюмінат CaOAl₂O₃. Саме ця група мінералів визначає надзвичайно швидке твердіння цементу. Вже в тридобовому віці цементний камінь має міцність від 400 до 600 кг/см². Глиноземистий цемент застосовують для бетонування масивних конструкцій, його твердіння можливе тільки при помірних температурах не вище 25°C. Бетони на глиноземистому цементі водонепроникні, морозостійкі, стійкі в умовах прісних і сульфатних вод. Застосовують при термінових ремонтних роботах, провадженні робіт у зимових умовах, для бетонних і залізобетонних споруд, що піддаються дії сильно мінералізованих вод, для одержання жароміцних бетонів, для виготовлення безусадочних цементів.

Контрольні запитання

1. Що ви знаєте про повітряні й гідравлічні в'яжучі матеріали?
2. Розповісти про міцність і швидкість твердіння в'яжучих.
3. Які сировинні матеріали використовують для виробництва неорганічних в'яжучих?
4. За якими показниками маркують гіпсові й вапняні в'яжучі?
5. Як отримують повітряне вапно, які існують його різновиди?
6. Як отримують гіпсові в'яжучі?
7. Які мінерали складають цементний клінкер?
8. Назвіть активні мінеральні добавки, які використовують у виробництві цементів?
9. У чому розходження гідравлічного і повітряного вапна?
10. Розповісти про виробництво портландцементу.
11. Як визначають марку і активність портландцементу?
12. Розповісти про різновиди портландцементу.

Розділ 7. БУДІВЕЛЬНІ БЕТОНИ І ЗАПОВНЮВАЧІ ДЛЯ РОЗЧИНІВ І БЕТОНІВ

7.1. Загальні відомості. Класифікація бетонів

Бетон — штучний композиційний матеріал, одержуваний в результаті формування і подальшого затвердіння раціонально підібраної бетонної суміші, що складається з в'язучої речовини, дрібного і великого заповнювачів, води і спеціальних добавок. Бетон відомий давно. У Древньому Римі, наприклад, з бетону на вапні був побудований ряд складних інженерних споруд. Існує думка, що блоки внутрішньої частини єгипетських пірамід також виготовлені з бетону, в'язучим в якому служило вапно. Широке застосування бетону починається після освоєння промислового виробництва портландцементу. Сучасне будівництво немислиме без бетону — бетон став основним будівельним матеріалом. Це пояснюється його економічністю, технологічністю і доступністю основних сировинних матеріалів. Міцність бетонів досягає 100 МПа, для конструкційних бетонів межа міцності служить основною характеристикою. Бетон - вогнестійкий матеріал. У даний час отримані бетони, стійкі до найрізноманітніших агресивних впливів, у тому числі жаротривкі бетони, здатні працювати при температурі понад 1000° С. При сполученні бетону і сталі виходить композиційний матеріал із ще більш цінними властивостями — залізобетон.

За **щільністю** бетони поділяють на :

- *особливо важкі* (щільність більш 2500 кг/м³);
 - *важкі звичайні* (2200...2500 кг/м³);
 - *полегшені* (1800...2200 кг/м³);
 - *легкі* (500...1800 кг/м³);
 - *особливо легкі теплоізоляційні* (500 кг/м³).

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

бетони на *неорганічних* в'язучих: цементні, силікатні, гіпсові ;

бетони на *органічних* в'язучих; асфальтобетон (на бітумі) і полімербетон (на синтетичних смолах).

За **структурою будови** розрізняють бетони :

зі *зливою* структурою; *ячеїсті* ; *крупнопористі* бетони.

За **призначенням**:

- *конструкційні* (звичайні, гідротехнічні ,дорожні);

- *спеціальні* (жаростійкі, декоративні, теплоізоляційні, радіаційнозахисні, полімербетони корозійностійкі т .д.).

За **видом заповнювача** :

- *бетони на щільних заповнювачах;*
- *бетони на пористих заповнювачах;*
- *бетони на спеціальних заповнювачах.*

За **умовами тверднення**:

• б етони *природного тверднення*, тверднучі при температурі 15...20°С і атмосферному тиску;

• бетони, що зазнають *теплової обробки* (70...90°С) при атмосферному тиску, з метою прискорення твердіння;

• бетони *автоклавної обробки*, тверднучі при температурі 175...200°С і тиску пару 0,9...1,6 МПа.

7.2. Властивості бетонної суміші

Суміш, що складається з в'язучої речовини, великого й дрібного заповнювачів і води до затверднення має назву **бетонної суміші**. Бетонна суміш являє собою пластично-в'язку масу, яка порівняно легко займає будь-яку форму, а потім самовільно переходить у каменеподібний стан. Одна з головних властивостей бетонної суміші — **тіксотропія** — здатність розріджуватися при періодично повторюваних механічних впливах (наприклад, вібрації) і знову загустіти при припиненні цього впливу. Механізм тіксотропного розрідження полягає в тому, що при вібруванні сили внутрішнього тертя і зчеплення між частками зменшуються і бетонна суміш стає текучою. Ця властивість широко використовується при укладанні й ущільненні бетонної суміші. **Зручноукладуваність** — узагальнена технічна характеристика в'язкопластичних властивостей бетонної суміші. Під зручноукладуваністю розуміють здатність бетонної суміші під дією певних прийомів і механізмів легко укладатися у форму й ущільнюватися, не розшаровуючись. Зручноукладуваність сумішей залежно від їхньої консистенції оцінюють поза рухливістю чи твердістю.

Рухливість служить характеристикою зручноукладуваності пластичних сумішей, здатних деформуватися під дією власної ваги. Рухливість характеризується осіданням стандартного конуса, відформованого з випробуваної бетонної суміші. Для цього металеву форму-конус, установлену на горизонтальній поверхні, заповнюють бетонною сумішшю в три шари, ущільнюючи кожен шар штикуванням. Надлишок суміші зрізують, форму-конус знімають і вимірюють осадку конуса з бетонної суміші — ОК значення якої (у сантиметрах) служить показником рухливості.

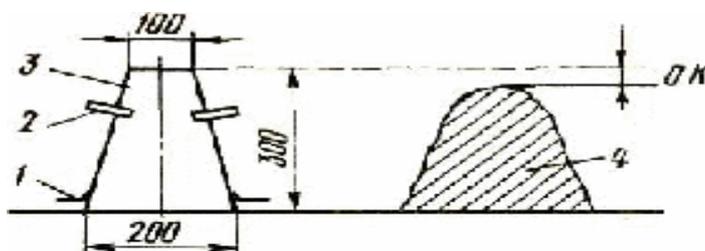


Рис.9.1 - Визначення рухливості бетонних сумішей за осадкою конуса (ОК): 1 — опори; 2 — ручки; 3 — форма-конус; 4 — бетонна суміш

Твердість — характеристика зручноукладуваності бетонних сумішей, в яких не спостерігаються опади конуса (ОК = 0). Її визначають за часом вібрації (у секундах), необхідним для вирівнювання і ущільнення попередньо відформованого конуса з бетонної суміші за допомогою спеціального приладу. Прилад закріплюють на стандартній виброплощині, у нього вставляють форму-конус. Конус заповнюють бетонною сумішшю в три шари, штикуючи кожен шар. Після цього включають вібратор. Час, протягом якого суміш розподілиться в циліндричній формі рівномірно, приймається за показник твердості суміші (Ж). **Зв'язність** — здатність бетонної суміші зберігати однорідну структуру, тобто не розшаровуватися в процесі транспортування, укладання і ущільнення. При механічних впливах на бетонну суміш у

результаті її тиксотропного розрідження частина води як найбільш легкого компонента відтискується нагору. Великий заповнювач, щільність якого звичайно більше щільності розчинної частини (суміші цементу, піску і води), опускається вниз. Легкі заповнювачі (керамзит та ін.), навпаки, можуть спливати. Усе це робить бетон неоднорідним, знижує його міцність показники і морозостійкість.

Зазначені властивості бетонної суміші забезпечуються правильним підбором складу бетону.

7.3. Основи технології бетону

Виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій містить в собі наступні технологічні операції:

- підбір складу бетону;
- приготування і транспортування бетонної суміші;
- її укладання і ущільнення ;
- забезпечення необхідного режиму затверднення бетону.

Склад бетону повинен бути таким, щоб бетонна суміш і затверділий бетон мали задані значення властивостей (зручноукладуваність, міцність, морозостійкість і т.п.), а вартість бетону при цьому була якомога низкою.

Розраховують склад бетону для даних сировинних матеріалів, використовуючи залежності, що зв'язують властивості бетону з його складом, у вигляді формул, таблиць і номограм. Загальна схема розрахунку наступна.

Для проектування складу бетону необхідно мати такі вихідні дані:

- призначення бетону;
- необхідна марочна міцність бетону на стиск;
- необхідна зручноукладуваність бетонної суміші;
- вид і марка (активність) цементу, (рекомендується задаватися маркою (активністю), що 2...2,5 рази перевищує значення необхідної міцності бетону);
- щільність дійсна й насипна всіх компонентів;
- зерновий склад заповнювачів і порожнеч великого заповнювача;

Необхідна рухливість бетонної суміші забезпечується вибором (за таблицями і графіками) необхідної кількості води (В).

Необхідна міцність бетону досягається:

- 1) вибором марки цементу (вона, як правило, приймається в 1,5, 2,5 рази вище марки бетону);
- 2) розрахунком необхідного співвідношення цементу й води (Ц/В) за формулою основного закону міцності бетону .

Розраховують склад важкого бетону в наступному порядку:

1. Забезпечення необхідної міцності бетону. Залежність міцності бетону через 28 діб завершення від його сполуки має вигляд:

$$R_b = AR_c (Ц/В)^{0,5},$$

де R_c – активність(марка) цементу, кг/см², Ц/В – співвідношення цементу й води; А – коефіцієнт, що залежить від якості заповнювачів.

Зазначена формула (основний закон міцності, запропонований І. Болломесом і уточнений Б.Г.Скрамтаєвим) дозволяє визначити співвідношення води й цементу, що при даній якості заповнювача А і введеної у вихідні дані активності цементу R_c забезпечує одержання необхідної міцності бетону:

$$0,4) В/Ц = A \geq \text{для пластичних сумішей (при } В/Ц \geq R_c / R_b + 0,5 A_1 R_c;$$

0,4) $V/C = A$ < для особливо твердих сумішей (при $V/C \geq 0,5$ $A = R_{ц} / R_{б} \geq R_{ц}$;

Таблиця 11.1 - Значення коефіцієнтів A_1 і A_2

Заповнювач	A_1	A_2
Високоякісний	0,65	0,43
Радовой	0,60	0,40
Зниженої якості	0,55	0,37

Витрату води визначають, виходячи із заданої зручноукладуваності (рухливості або твердості) бетонної суміші за графіком Миронова або за табличним даними (табл.7.2).

Таблиця 7.2 - Витрата води, л, на 1 м^3 бетоної суміші

Характеристика бетонних сумішей		Найбільша крупність заповнювача, мм					
Осад конуса (ОК), см	Твердість, з	гравію			щебенів		
		10	20	40	10	20	40
-	40...50...50	150	135	125	160	150	135
-	25...35...35	160	145	130	170	160	145
-	15...20...20	165	150	135	175	165	150
-	10...15...15	175	160	145	185	175	160
2...4...4	-	190	175	160	200	190	175
5...7...7	-	200	185	170	210	200	185
8...10...10	-	205	190	175	215	205	190
10...12...12	-	215	205	190	225	215	200

12...16...16	-	220	210	197	230	220	207
16...20...20	-	227	218	203	237	228	213

3. **Визначення витрати цементу.** Знаючи витрату води і попереднє В/Ц відношення, розраховують витрати цементу:

$$Ц = В: (В/Ц).$$

1. **Витрати заповнювачів** (піску і великого заповнювача) встановлюють, вирішуючи спільно два рівняння:

$$\rho_1) Ц/ц \rho + В + П/п \rho + Щ/щ = 1,$$

де Ц,В,П,Щ(Г),- витрата цементу, води, піску і щебенів (гравію),кг;

$\rho_ц, \rho_п, \rho_щ$ - дійсні щільності цементу, піску, щебенів (гравію), кг/м³.

Дане рівняння показує, що об'єм 1м³ щільно покладеної суміші складається з абсолютних об'ємів цементу, піску, води й щебенів (гравію).

$$К\alpha_2) \text{ раз } \rho_{щ/щ.нас.} \rho = Ц/ц \rho + В + П/п,$$

де $K_{раз} \rho$ – коефіцієнт розсунення зерен, $\rho_{щ.нас.}$ - насипна щільність щебенів (гравію), (міжзернова пустотність великого заповнювача).

Таблиця 11.3 - Коефіцієнт розсунення зерен $K_{раз}$ залежно від витрати цементу і В/Ц відношення для пластичних сумішей

Витрата цементу, кг на 1м ³ бетону	В/Ц						
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
250	-	-	-	1,26	1,32	1,38	
300	-	-	1,30	1,36	1,42	-	
350	-	1,32	1,38	1,44	-	-	
400	1,31	1,40	1,46	-	-	-	
500	1,44	1,52	1,56	-	-	-	
550	1,52	1,56	-	-	-	-	

Коефіцієнт розсунення зерен для твердих бетонних сумішей приймають рівним 1,05...1,15.

Вирішуючи спільно два рівняння, одержуємо формулу для визначення витрати (у кг на 1м³ бетону):

щебенів(гравію)

$$К\alpha_{Щ(Г)} = 1/ (\text{раз } \rho_{щ.нас.} \rho + 1/щ),$$

піску $\rho_П = [1 - (Щ/щ. \rho + Ц/ц \rho + В)] \rho_ц$.

Так одержують розрахункові складові бетону у вигляді витрати основних компонентів П,Щ,В,Ц в

кг для одержання 1 м^3 бетону.

Для одержання розрахункової щільності бетонної суміші отримані витрати складають:

$$\rho_{\text{б.с.}} = \text{Ц} + \text{В} + \text{П} + \text{Щ}(\Gamma).$$

Отриманий склад бетону може бути виражений двома способами:

- кількістю складових (кг) для одержання 1 м^3 бетону (наприклад, цемент — 300, вода — 200, пісок — 650 і щебінь — 1250);
- співвідношенням компонентів у частинах чи за масою по обсязі; при цьому кількість цементу приймають за 1 (наприклад, запис 1:2:4 при В/Ц - 0,7 означає, що на 1 частину цементу береться 0,7 частину води, 2 частини піску і 4 частини великого заповнювача).

При використанні вологих заповнювачів необхідно враховувати воду, що міститься в них, і відповідно зменшувати кількість води затвору, щоб сумарна кількість води дорівнювала розрахунковій.

Приготування бетонної суміші здійснюють у спеціальних агрегатах — бетонозмішувачах різних конструкцій і різної місткості (від 75 до 4500 дм^3).

За принципом дії розрізняють бетонозмішувачі вільного падіння і примусового перемішування.

У бетонозмішувачах вільного падіння (гравітаційних) матеріал перемішується в повільно обертових навколо горизонтальної чи похилої осі змішувальних барабанах, обладнаних усередині короткими коритоподібними лопатами. Лопати захоплюють матеріал, піднімають його і при переході у верхнє положення скидають. У таких змішувачах готують пластичні бетонні суміші із заповнювачами з щільних гірських порід, тобто суміші звичайного важкого бетону.

Час перемішування залежить від рухливості бетонної суміші і місткості бетонозмішувача.

Такі готові суміші називають товарним бетоном.

Транспортування бетонної суміші. На будівельних об'єктах і заводах збірного залізобетону суміш транспортують у вагонетках, перекачують бетононасосами і подають транспортерами.

Обов'язкова вимога до всіх видів транспортування бетонної суміші — збереження її однорідності й рухливості. На великі відстані транспортування здійснюється у спеціальних машинах — бетоновозах, що мають грушоподібну ємкість. У зимовий час повинен бути передбачений підігрів перевезеної бетонної суміші.

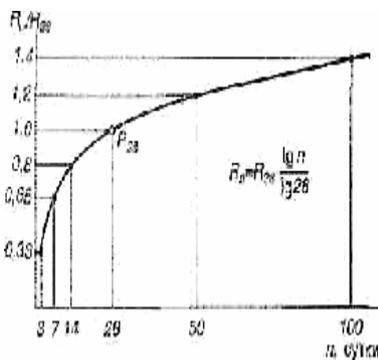


Рис. 9.2 - Зміна міцності бетону в часі в умовах нормального твердіння. R — марочна міцність бетону, n — час твердіння, діб

Укладання бетонної суміші. Якість і довговічність бетону багато в чому залежить від правильності укладання, а методи укладання й ущільнення визначаються видом бетонної суміші (пластична чи тверда, важкий чи легкий бетон) і типом конструкції. Укладання повинне забезпечувати максимальну щільність бетону (відсутність порожнеч) і неоднорідність складу по перетину конструкції.

Пластичні текучі суміші ущільнюються під дією власної ваги чи шляхом штикування, більш тверді — вібруванням.

Вібрування — найбільш ефективний метод укладання,

заснований на використанні тиксотропних властивостей бетонної суміші. При вібруванні часткам бетонної суміші передаються швидкі коливальні рухи від джерела коливань — вібратора. При недостатньому часі вібрування бетонна суміш ущільнюється не повністю, при занадто великому — вона може розшаруватися: важкі компоненти — щебінь, пісок концентруються внизу, а вода виступає зверху залежно від виду і форми бетонованої конструкції застосовують різні типи

вібраторів. При бетонуванні конструкцій великої площі і невеликої товщини використовують *поверхневі* вібратори, масивних елементів значної товщини — *глибинні* вібратори .

У заводських умовах при виготовленні бетонних каменів, великих блоків, панелей та інших виробів користуються *віброплощадками*, на які установлюють форми з бетонною сумішшю.

7.4. Твердіння бетону

Нормальний ріст міцності бетону відбувається при позитивній температурі (15...25° З) і постійній вологості. Дотримання цих умов особливо важливе в перші 10...15 діб твердіння, коли бетон інтенсивно набирає міцність (рис 9.2). Щоб поверхню бетону захистити від висихання, її покривають піском, обпилюваннями, полімерними плівками, бітумними і полімерними емульсіями періодично зволожуючи їх. У зимовий час бетон, що твердіє, охороняють від замерзання різними методами: методом термоса, коли підігріту бетонну суміш захищають теплоізоляційними матеріалами, і підігрівом бетону під час твердіння (у тому числі електропрогрівом). На заводах збірного залізобетону для прискорення твердіння бетону застосовують тепловологісну обробку — прогрівом при постійному підтримуванні вологості бетону насиченою парою при температурі 85...90° З. При цьому час твердіння залізобетонних виробів до набору ними відпускну міцності (70...80 % марочної) скорочується до 10...16 год (при твердінні в природних умовах для цього потрібно 10...15 діб). Для силікатних бетонів використовують автоклавну обробку в середовищі насиченої пари високої температури 175...200° С і при тиску 0,8...1,3 МПа. У цьому випадку процес твердіння триває 8...10 год. (рис 12.12). Для прискорення набору міцності бетоном застосовують швидкотвердіючі (БТЦ) і особливо швидкотвердіючі (ОБТЦ) цементи. Швидше інших досягає марочної міцності (за три дні) бетон на глиноземистому цементі, але останній не можна використовувати при температурі навколишнього середовища в час твердіння вище 30...35° С.

7.5. Основні властивості важкого бетону

Важкий бетон — основний конструкційний будівельний матеріал, тому оцінці його міцнісних властивостей приділяється велика увага. Міцнісні характеристики бетону визначаються строго відповідно до вимог стандартів. Використовуються кілька показників, що характеризують міцність бетону. Неоднорідність бетону як матеріалу враховується в основній міцнісній характеристиці — класі бетону.

Міцність. Як і у всіх кам'яних матеріалів, межа міцності бетону при стиску значно (у 10...15 разів) вище, ніж при розтяганні й вигині. Тому в будівельних конструкціях бетон, як правило, працює на стиск. Коли говорять про міцність бетону, мають на увазі його міцність на стиск. Міцність бетону прийнято оцінювати за середнім арифметичним значенням результатів випробування зразків даного бетону через 28 діб нормального твердіння. Для цього використовують зразки-куби розміром 150 x 150 x 150 мм, виготовлені з робочої бетонної суміші і затверділі при (20 ± 2)° З на повітрі при відносній вологості 95 % (чи в інших умовах, що забезпечують збереження вологи в бетоні).

Марка бетону. За середнім арифметичним значенням міцності бетону встановлюють його марку — округлене значення міцності (причому округлення йде завжди в нижню сторону). Для важкого бетону встановлені наступні марки за міцністю на стиск: М 50, М 75, М100, М150, М 200, М 250, М300, М350, М400, М 450, М500, М550, М600, М700 і М 800 (кгс/см²). Так, відмінна риса бетону

— значна неоднорідність його властивостей. Це пояснюється мінливістю сировини (піску, великого заповнювача і навіть цементу), порушенням режиму приготування бетонної суміші, її транспортування, укладання (ступеня ущільнення) і умовами твердіння. Усе це призводить до розкиду міцності бетону однієї і тієї ж марки. Чим вище культура виробництва (краще якість підготовки матеріалів, приготування й укладання бетону і т.п.), тим менше будуть коливання міцності бетону. Для будівельника важливо одержати бетон не тільки із заданою середньою міцністю, але і з мінімальними відхиленнями (особливо в нижчу сторону) від цієї міцності. Показником, що враховує можливі коливання якості бетону, є клас бетону. **Клас бетону** — це чисельна характеристика якої-небудь його властивості (у тому числі міцності), прийнята з гарантованою забезпеченістю (звичайно 0,95). Це значить, що встановлена класом властивість, наприклад міцність бетону, досягається не менш ніж у 95 випадках з 100. Поняття «клас бетону» дозволяє призначати міцність бетону з урахуванням її фактичної чи можливої варіації. Чим менше мінливість міцності, тим вище клас бетону при одній і тій же середній міцності.

ДОСТ 26633—85 установлює наступні класи важкого бетону за міцністю на стиск (МПа): В 3,5; В5; В 7,5; В 10; В12,5; В 15; В20; В 25; В 30; В32,5; В40; В 45; В50; В55 і В 60. Так, у бетону класу В15 межа міцності при стиску не нижче 15 МПа з гарантованою забезпеченістю 0,95.

Для переходу від класу бетону до середньої міцності можна використовувати формулу

$$R_{\text{ср}} = \frac{B}{0,778},$$

де $R_{\text{ср}}$ — середня міцність бетону на стиск, МПа;
 B — клас бетону, МПа.

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

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

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

Водопоглинання і проникність. Завдяки капілярно-пористій будови бетон може поглинати вологу як при контакті з нею, так і безпосередньо з повітря. Гігроскопічне вологовбирання у важкому бетоні незначне, але в легких бетонів (особливо в ячеїстих) може досягати відповідно 7..8 і 20..25 %.

Водопоглинення характеризує здатність бетону всмоктувати вологу в краплинно-рідкому стані; воно залежить головним чином від характеру пор. Водопоглинення тим більше, чим більше в бетоні капілярних сполучених між собою пор. Максимальне водопоглинання важких бетонів на щільних заповнювачах досягає 4...8 % за масою (10...20 % за обсягом). У легких і ячеїстих бетонів цей показник значно вище. Велике водопоглинання негативно позначається на морозостійкості бетону. Для зменшення

водопоглинання вдаються до гідрофобізації бетону, а також до влаштування паро- і гідроізоляції конструкцій.

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

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

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

Морозостійкість — головний показник, що визначає довговічність бетонних конструкцій у нашому кліматі. Морозостійкість бетону оцінюється шляхом попереминого заморожування при мінус $(18 \pm 2)^\circ \text{C}$ і відтавання у воді при $(18 + 2)^\circ \text{C}$ попередньо насичених водою зразків випробуваного бетону. Тривалість одного циклу— 5...10 год залежно від розміру зразків. За марку по морозостійкості приймають найбільше число циклів «заморожування — відтавання», які зразки витримують без зниження міцності на стиск більше 5 % у порівнянні з міцністю контрольних зразків на початку випробувань. Установлено наступні марки бетону за морозостійкістю: F25; F35; F50; F75; F100...F1000.

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

Теплопровідність важкого бетону навіть у повітряно-сухому стані велика — близько 1,2...1,5 Вт/(м⁰С), тобто в 1,5...2 рази вище, ніж у цегли. Тому використовувати важкий бетон у конструкціях, що огороджують, можна тільки разом з ефективною теплоізоляцією. Легкі бетони, особливо ячеїсті, мають невисоку теплопровідність 0,1...0,5 Вт/(м⁰С) і їхнє застосування в конструкціях, що огороджують, переважніше.

Теплоємність важкого бетону, як і інших кам'яних матеріалів, знаходиться в межах 0,75...0,92 Дж/(кг •К); у середньому — 0,84 Дж/(кг •К).

7.6. Легкі бетони

Легкі бетони (на початку ХХ ст. їх називали «теплі бетони») — бетони з щільністю менше 1800 кг/м³ — універсальний матеріал, який огороджують і несуть конструкції житлових і промислових будинків.

Свідчення їхнього застосування відомі ще в Древньому Римі. Для одержання легких бетонів тоді використовували природний заповнювач — пемзу і туф, а також бій кераміки і навіть порожні глиняні посудини. У даний час ці заповнювачі також використовують як місцевий матеріал. Широкий розвиток легкі бетони одержали в другій половині ХХ ст., коли почалося масове виробництво штучних пористих заповнювачів: керамзиту, аглопориту, жужільної пемзи та ін. З легких бетонів виготовляють більшість стінових панелей і блоків, плит покрівельних покриттів та каменів для укладання стін. Термін «легкі бетони» поєднує велику групу різних за складом, структурою і властивостями бетонів.

Істотним недоліком важкого бетону є велика щільність (2400...2500 кг/м³). Знижуючи щільність бетону, будівельники досягають як мінімум двох позитивних результатів:

- знижується маса будівельних конструкцій;
- підвищуються їхні теплоізоляційні властивості.

За призначенням легкі бетони підрозділяють на:

- *конструктивні* (клас міцності — В7,5...В 35; щільність — 1400... 1800 кг/м³);
- *конструктивно-теплоізоляційні* (клас міцності не менше В3,0, щільність — 600...1400 кг/м³);
- *теплоізоляційні* — особливо легкі (щільність < 600 кг/м³).

За **будовою і способом одержання** пористої структури легкі бетони підрозділяють на наступні види:

- *бетони зливої будови на пористих заповнювачах;*
- *ячеїсті бетони*, у складі яких немає ні великого, ні дрібного заповнювача, а їхню роль виконують дрібні сферичні пори;
- *крупнопористі*, в яких відсутні дрібний заповнювач, у результаті чого між частками великого заповнювача утворюються порожнечі.

Особливості технології легких бетонів зв'язані зі специфікою пористих заповнювачів: їхня щільність менше щільності води, поверхня часток шорсткувата, вони активно поглинають воду. Низька щільність не дозволяє ефективно використовувати традиційні бетонозмішувачі «вільного падіння». Тому для приготування легкобетонних сумішей бажано використовувати змішувачі примусового перемішування.

7.6.1. Легкі бетони на пористих заповнювачах

Пористі заповнювачі мають шорсткувату поверхню, тому зчеплення цементного каменю із заповнювачем не є слабкою ланкою легких бетонів. Цьому сприяє також хімічна активність речовини заповнювачів, що містять аморфний SiO₂, здатний взаємодіяти із Ca(OH)₂ цементні камені. Щільність і міцність контактної зони «цементний камінь — пористий заповнювач» пояснюють парадоксально високу водонепроникність і міцність легких бетонів на пористих заповнювачах. Для легких бетонів установлені наступні класи за міцністю (МПа) від В2 до В40. Міцність легких бетонів залежить від якості заповнювачів, марки і кількості використаного цементу. При цьому, природно, змінюється і щільність бетону. Для легкого бетону встановлені 19 марок за щільністю (кг/м³) від D200 до D2000 (з інтервалом 100 кг/м³). Знижена щільність легких бетонів може бути досягнута поризацією цементного каменю. Теплопровідність легкого бетону залежить від його щільності й вологості (табл.7.4). Збільшення об'ємної вологості на 1 % підвищує теплопровідність бетону на 0,015...0,035 Вт/(м • °С). Таблиця 7.4 - Середні значення теплопровідності легких бетонів

Бетон	Теплопровідність, Вт/(м • °С), при середній щільності бетону, кг/м ³ , рівної						
	600	800	1000	1200	1400	1600	1800
Керамзитобетон	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,40,6	0,7
	0,15	0,22	0,28		0,4		
Перлитобетон				0,35		0,45	0,55

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

Водонепроникність у легких бетонів висока, що збільшується в міру твердіння бетону за рахунок ущільнення контактної зони «цементний камінь — заповнювач», що є самим уразливим місцем для проникнення води в звичайному бетоні. Установлено наступні марки легких бетонів за водонепроникністю: W0,2; W0,4; W0,6; W0,8; W1; W1,2 (тиск води, МПа, не зухвалої фільтрації при стандартних випробуваннях).

7.6.2. Ніздрюваті бетони

Ніздрюваті бетони на 60...85 % за обсягом складаються з замкнутих пор розміром 0,2...2 мм. Ніздрюваті бетони одержують при затвердінні насиченої газовими пухирцями суміші в'язучого, кремнези-мистого компоненту і води. Завдяки високопористій структурі середня щільність ніздрюватого бетону невелика — 300...1200 кг/м³; він має низьку теплопровідність при достатній міцності. Бетони з бажаними характеристиками (щільністю, міцністю і теплопровідністю) порівняно легко можна одержувати, регулюючи їхню пористість у процесі виготовлення. В'язучим у ячеїстих бетонів може служити портландцемент (чи вапно) із кремнеземистим компонентом. При застосуванні вапняно-кремнеземистих в'язучих одержувані бетони називають газо- і піносілікатами.

Кремнеземистий компонент — мелений кварцовий пісок, гранульовані доменні шлаки, зола ТЕС та ін. Кремнеземистий компонент знижує витрату в'язучого і зменшує усадку бетону. Застосування побічних продуктів промисловості (шлаків і зол) для цих цілей економічно вигідне й екологічно доцільне. Співвідношення між кремнеземистим компонентом і в'язучим установлюється дослідним шляхом.

Для одержання ячеїстих бетонів використовують як природне твердіння в'язучого, так і активізацію твердіння за допомогою пропарювання ($t=85...90^{\circ}\text{C}$) і автоклавної обробки ($t = 175^{\circ}\text{C}$). Кращу якість мають бетони, що пройшли автоклавну обробку. За способом утворення пористої структури (методу спучування в'язучого) розрізняють: газобетони і газосилікати; пінобетони і піносілікати.

Газобетон і газосилікат одержують, спучуючи тісто в'язучого газом, що виділяється при хімічній реакції між речовинно-газоутворювачем і в'язучим. Найчастіше газоутворювачем служить алюмінієва пудра, яка, реагуючи з гідратом оксиду кальцію, виділяє водень:
$$3\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2?$$

Для одержання 1 м³ газобетону потрібно 0,5...0,7 кг пудри.

Пінобетони і піносілікати одержують, змішуючи тісто в'язучого із заздалегідь приготовленою стійкою технічною піною. Для утворення піни використовують піноутворювачі: гідролізована кров, клеєканіфольний піноутворювач сульфанол і т.п. Властивості ніздрюватих бетонів визначаються їхньою пористістю, видом в'язучого й умовами твердіння.

Для руху повітря пори ніздрюватих бетонів замкнуті, а для проникнення води — відкриті. Тому водопоглинання ніздрюватого бетону досить високе (табл.7.5.) і морозостійкість відповідно знижена в порівнянні з бетонами зливої структури.

Гідрофільність цементного каменю і велика пористість обумовлюють високу сорбційну вологість. Це позначається на теплоізоляційних показниках ячеїстого бетону (табл.7.5.). Тому при

використанні ячеїстого бетону в конструкціях, що огорожують, його зовнішню поверхню необхідно захищати від контакту з водою чи гідрофобізувати.

Таблиця 7.5 - Властивості ніздрюватих бетонів (середні показники)

Характеристики	Середня щільність бетону, кг/м ³					
	600	700	800	900	1000	1100
Міцність на стиск, МПа	2,5	3,5	5,0	7,5	10,0	15,0
Пористість, %	73	70	67	63	60	56
Водопоглинання (по обсязі), %	40	38	35	33	30	28
Теплопровідність, Вт/(м • °С):						
у сухому стані	0,14	0,16	0,2	0,23	0,26	0,3
при вологості 8 %	0,22	0,24	0,28	0,32	0,34	0,37

Міцність ніздрюватих бетонів залежить від їхньої середньої щільності і знаходиться в межах 1,5...15 МПа. Ніздрюваті бетони і вироби з них володіють гарними звукоізоляційними властивостями, вони вогнестійкі й легко піддаються механічній обробці (пилянню і свердленню). Найбільш раціональна область застосування ніздрюватих бетонів — конструкції, що огорожують, (стіни) житлових і промислових будинків: несучі — для малоповерхових будинків і що не несуть — для багатоповерхових, які мають несучий каркас.

7.6.3. Крупнопористий бетон

Одержують при затвердінні бетонної суміші з в'язучого (звичайно портландцементу), великого заповнювача і води. Завдяки відсутності піску і зниженій витраті цементу (70... 150 кг/м³), використовуюваного тільки для склеювання зерен великого заповнювача, щільність крупнопористого бетону на 600...700 кг/м³ нижче, ніж в аналогічному бетоні залитої монолітної будівлі.

Крупнопористий бетон доцільно виготовляти на основі пористих заповнювачів (керамзитового гравію, жужільної пемзи та ін.). У цьому разі середня щільність бетону складає 500...700 кг/м³, плити з такого бетону ефективні для теплоізоляції стін і покриттів будинків.

7.7. Спеціальні види бетонів

Спеціальні бетони здатні працювати в екстремальних умовах і мають властивості, не характерні для звичайних бетонів. Але при цьому їхня технологія і склад залишаються «бетонними».

Особливо важкі бетони використовують для влаштування конструкцій, що захищають людей від

рентгенівського і γ -випромінювання. Для цього до складу бетону вводять заповнювачі, які містять залізо, барій та інші важкі елементи, добре поглинаючі тверде іонізуюче випромінювання. Як заповнювачі використовують залізні руди (магнетит, лимоніт), барит, металевий дріб і т.п. Щільність таких бетонів досягає 4000...5000 кг/м³.

Жаростійкі бетони характеризуються здатністю зберігати у певних межах фізико-механічні властивості при тривалому впливі високих температур. Для виготовлення жаростійких бетонів у якості в'язучих використовують глиноземистий цемент, шлакопортландцемент і рідке скло. Заповнювачами служать металургійні шлаки, бій керамічних і вогнетривких виробів, базальт, андезит і т.п.

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

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

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

Контрольні запитання

1. Розкажіть про склад бетону.
2. Які механічні й фізико-механічні властивості бетону?
3. Розкажіть про властивості бетонної суміші.
4. Як оцінюють міцність бетону?
5. Чим відрізняється клас бетону від його марочної міцності?
6. Чому бетон завжди має деяку пористість?
7. Як підбирають склад бетону?
8. Розкажіть про приготування бетонної суміші.
9. Як відбувається твердіння бетону?
10. Які існують способи одержання легких бетонів?
11. Який бетон використовують у сучасному будівництві?
12. У результаті чого утворюється міцність силікатної цегли? Її основні властивості.
13. Що таке піносілікат і газосілікат?

7.7. Функції заповнювачів у бетонах і розчинах. Класифікація заповнювачів

Заповнювачами називають пухку суміш мінеральних або органічних зерен природного чи штучного походження. В'язучі речовини скріплюють зерна заповнювача і утворюється міцне каменеподібне тіло. У складі бетонних або розчинних композицій заповнювачі виконують ряд важливих функцій:

- займаючи в бетоні понад 80% об'єму, скорочують витрати цементної складової;
- підвищують модуль пружності бетонів, знижують їхню повзучість, створюють у бетоні твердий кістяк, що приймає на себе усадочні напруження і тим самим попереджує утворення тріщин;
- **високоміцний заповнювач разом із цементною матрицею забезпечує міцність бетону;**
- **пористі заповнювачі знижують середню щільність і теплопровідність бетонів;**
- окремі види заповнювачів (залізна руда, чавунний дріб) роблять бетоні радіаційно-захищеними.

Залежно від величини зерен розрізняють:

- великі заповнювачі (гравій і щебені) – розмір часток 5...70мм;
- дрібні заповнювачі (пісок) – розмір часток 0,16...5мм.

За походженням заповнювачі бувають :

- природними (отримані шляхом переробки гірських порід);
- штучними (доменні й паливні шлаки, золи, керамзит і т.д.).

За щільністю зерен заповнювачі підрозділяють на :

- щільні – щільність зерен більше 2000 кг/м³;
- пористі - щільність зерен до 2000 кг/м³.

Придатність заповнювачів, як складових бетонів або розчинів, визначається рядом параметрів. Заповнювачі повинні відповідати таким вимогам:

- мати певне зернове сполучення (оптимальне співвідношення зерен різного розміру) для того, щоб об'єм порожнеч між зернами був мінімальним;
- поверхня зерен повинна забезпечувати гарне зчеплення із твердіючим в'язучим;
- заповнювачі не повинні містити домішок, що перешкоджають адгезії цементного тіста до поверхні зерен.

7.8. Оцінка якості дрібного заповнювача

Піски, які застосовують для виготовлення будівельних розчинів і бетонів, можуть бути:

- **природні** (гірські, яружні, річкові, морські), що являють собою пухкі суміші головним чином зерен кварцю SiO₂
- **штучні** (важкі, легкі), отримані дробленням щільних (базальт, діабаз, мармур) і пористих (пемза, туф) гірських порід.

Зернова сполука визначається за результатами просівання проби через стандартний набір сит. Для пісків це сита з отворами, мм: 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; і 0,16.

Після просівання встановлюють **часткові залишки**: $\alpha_{2,5}; \alpha_{1,25}; \alpha_{0,63}; \alpha_{0,315}$ (у вагових і відсоткових одиницях), потім розраховують **повні залишки**. **Повний залишок** ($A_{2,5}; A_{1,25}; A_{0,63}; A_{0,315}$ і т.д.) на будь-якому ситі дорівнює сумі часткових приватних залишків на цьому ситі й усіх

вище розташованих. На підставі результатів ситового аналізу розраховують модуль крупності піску:

$$M_{кр} = A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16} / 100.$$

Отримані значення повних залишків далі використовують для побудови кривої розсіву, положення якої аналізують щодо області допустимих значень (рис.12.1).

Якщо крива лежить у межах заштрихованої області стандартного графіка - заповнювач придатний для виготовлення бетонів або розчинів.

Присутність у піску пилюватих, глинистих і мулистих домішок знижує міцність і морозостійкість бетонів і розчинів. Кількість таких домішок визначається богаторазовим промиванням водою (відмулюванням). У природних пісках допускається вміст пилюватих і глинистих домішок до 3% від маси піску.

Присутність у піску органічних домішок встановлюють колориметричним методом. Пробу піску обробляють розчином їдкою натру NaOH і за зміною кольору щодо світлого еталону судять про наявність органіки. Якщо колір розчину темніше еталону, пісок не рекомендують застосовувати як заповнювач, тому що виявлені в ньому органічні домішки будуть сповільнювати строки схоплювання і твердіння бетонів і розчинів, і тим самим знижувати їхню міцність.

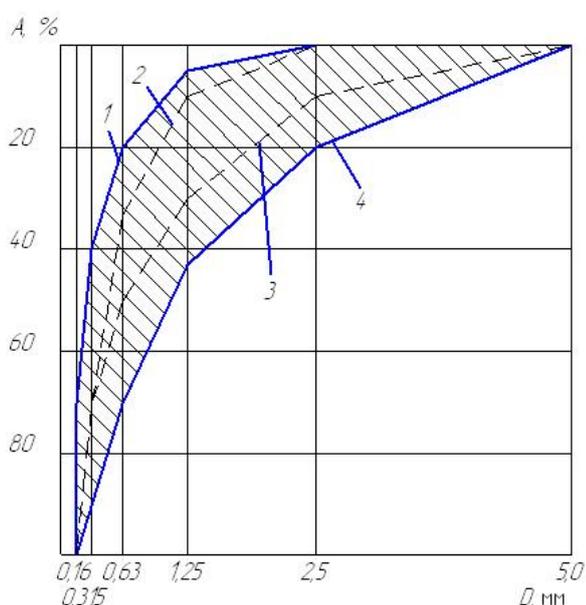


Рис. 10.1. - Графік зернового складу піску:

1 — допустима нижня межа крупності піску ($M_k \sim 1,5$); 2 — рекомендована нижня межа крупності піску ($M_k = 2,0$) для бетонів класу В15 і вище; 3 — рекомендована нижня межа крупності піску ($M_k = * 2,5$) для бетонів В25 і вище; 4 — допустима верхня межа крупності піску ($M_k = 3,25$) для розчинів і бетонів (заштрихована область — піски, допустимі для використання)

7.9. Оцінка якості великого заповнювача

Як великий заповнювач для бетонів застосовують щебені, гравій, керамзит, жужільну пемзу, аглопорит, спучені перлітовий пісок і щебені. Для великих заповнювачів одним з найважливіших показників є насипна щільність і межзернова пустотність. Оскільки в процесі формування структури бетону порожнечі між зернами великого заповнювача заповнюються цементно-піщаним розчином, важливо, щоб межзернова пустотність

була найменшою. Звичайно вона становить 40...50%. Регулювання межзернового простору здійснюють підбором зернового сполучення.

Зернове сполучення великого заповнювача. За крупністю зерен щебені й гравій розділяють на наступні фракції: 5...10; 10...20; 20...40; 40...70.

Вміст різних фракцій у великому заповнювачі для бетонів нормується стандартом (табл.10.5).

Таблиця 10. 1

Найбільша крупність заповнювача, мм	Вміст фракцій у великому заповнювачі, %			
	5...10	10...20	20...40	40...70
20	25...40	60...75	-	-
40	15...25	20...35	40...65	-
70	10...20	15...25	20...35	35...55

Шкідливі домішки (органічні, пилюваті, глинисті) у великому заповнювачі можуть бути, як і у пісках. Методи їхнього визначення аналогічні.

Міцність великого заповнювача для важких бетонів повинна бути в 1,5...2 рази вище міцності бетону.

7.10. Пористі заповнювачі

Заповнювачі для приготування легких бетонів бувають природними, штучними або отриманими з відходів промисловості.

Керамзит є штучним пористим заповнювачем, який отримують випалюванням попередньо відформованих глинистих гранул , що здатні до спучування. При невеликій насипній щільності (120...600кг/м³) має порівняно високу міцність.. Випускають у вигляді гравію (гранули 5...40мм) і піску(зерна менше 5 мм) . Марка керамзиту встановлюється залежно від насипної щільності – від 250 до 600 кг/м³.

Жужільна пемза – пористі щебені, отримані спучуванням розплавлених металургійних шлаків з наступною швидкою фіксацією пористої структури шляхом різкого охолодження, тому що сировиною для виробництва жужільної пемзи служать техногенні відходи. Даний вид заповнювача економічно дуже ефективний. Міцність пемзи – від 0,4 до 2 МПа .

Аглопорит- пористий заповнювач у вигляді гравію, щебенів. Одержують шляхом спікання сировинної шихти із глинистих порід і паливних відходів.

Спучені перлітові пісок і щебені - пористі зерна білого або ясного кольору, одержані шляхом швидкого випалювання вулканічних склоподібних гірських порід (перліту , обсидіану). Залежно від розміру зерен спучений перліт поділяють на щебінь і гравій з насипною щільністю 100...500 кг/м³ й пісок з насипною щільністю 100...600 кг/м³.

Контрольні запитання

- Яку роль у бетонах і розчинах відіграють заповнювачі?
- Чим відрізняються дрібні й великі заповнювачі, природні й штучні?
- Як впливає на властивість бетонів зернове сполучення заповнювачів?
- Назвіть види піску залежно від зернового сполучення
- Як впливають шкідливі домішки на якість бетону?
- Як устанавлюється зернове сполучення піску й щебенів?
- Як розрахувати модуль крупності піску?
- У чому розходження між гравієм і щебенями?

Тема 8. ЗАЛІЗОБЕТОН

8.1 Загальні відомості про залізобетон

Залізобетон – це композиційний будівельний матеріал, в якому вдало сполучається робота бетонної матриці і сталеві арматури.

Винаходу залізобетону передувало відкриття цементу. Змішаний у певних пропорціях з гравієм, піском і водою, цемент утворював бетон, який у першій половині 19 ст. став досить розповсюдженим матеріалом. Конструкції з бетону мали високу міцність на стиск, вогнестійкість, водостійкість, твердість, але, як і будь-який камінь, погано витримували навантаження на розтягання. Основним матеріалом для несучих конструкцій служило залізо у вигляді різного роду куткових і смуг. На відміну від бетонних металеві конструкції добре витримували розтяг і згин, але на відкритому повітрі корродували. У кінці 19 ст. стала відчуватися сильна потреба в новому будівельному матеріалі, що сполучив би в собі достоїнства заліза і бетону, але не мав би їхніх недоліків.

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

Універсальність залізобетонної конструкції забезпечують такі фактори:

1. бетон добре працює на стиск, але погано витримує розтяг;
2. арматура компенсує зазначений недолік бетону, знаходячись у розтягнутій зоні конструкції сприймає напруження, що розтягують (рис. 12.1);
3. бетон захищає сталеву арматуру від корозії і дії високих температур;
4. спільній дії сталеві арматури і бетону сприяє добре зчеплення на межі розділу;
5. коефіцієнти температурного розширення бетону і сталі приблизно однакові.

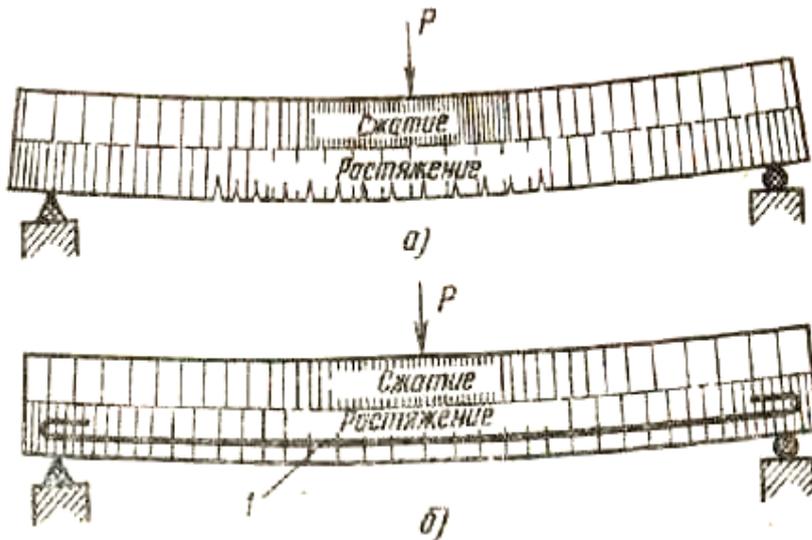


Рис. 8.1. - Неармована бетонна (а) і армована залізобетонна (б) балка; 1 - арматури

8.2 Класифікація залізобетону

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

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

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

8.3. Способи виробництва збірних залізобетонних конструкцій

Збірні залізобетонні конструкції виготовляють на спеціалізованих заводах (ЗБК, ДБК), оснащених стаціонарними технологічними лініями з урахуванням специфіки конструкції. Перевагою збірного залізобетону порівняно з монолітним, є істотне підвищення продуктивності праці і якості будівництва, скорочення його, в тому числі за рахунок використання великорозмірних виробів та елементів конструкцій повної заводської готовності. Найбільш широке застосування одержали наступні способи виробництва: *поточно-агрегатний, поточно-конвеєрний і стаціонарний, який поділяють на стендовий і касетний.* Поточно-агрегатний спосіб передбачає виготовлення виробів у формах, переміщуваних по окремих технологічних постах за допомогою піднімального крана. Цей спосіб кращий при дрібносерійному виробництві конструкцій довжиною до 12 м, шириною до 3 м і висотою до 1 м, складних за технологією виконання: багатошарових стінових панелей, плит покриттів; Конвеєрний – забезпечує високу механізацію і продуктивність праці, тому що вироби виготовляють методом неперервного формування. Технологічна лінія являє собою металеву стрічку, що рухається, на якій від одного технологічного поста до іншого переміщується форма з бетонною сумішшю. Швидкість руху стрічки визначається самим тривалим процесом – тепловою обробкою і складає близько 25 м/год. Раціональна область застосування цієї технологічної лінії – виготовлення найпростіших, плоских виробів одного виду: панелей перекриттів, покриттів і внутрішніх перегородок, аеродромних і дорожніх плит. При стендовому способі вироби формують у стаціонарних, непереміщуваних формах, твердіють вони на місці формування. Його доцільно використовувати для виготовлення таких великорозмірних виробів, як ферми, перенапружені великорозмірні балки. За касєтною технологією виготовляють плити перекриттів, панелі внутрішніх стін і перегородок. Формування і твердіння виробів відбувається у вертикальній формі-касєті, що складається з ряду відсіків, утворених сталевими вертикальними стінками, постаченими паровими сорочками для прогріву бетонних виробів. Достоїнством цього методу є скорочення виробничих площ.

8.4. Види збірних залізобетонних конструкцій

Залежності від форми і розмірів:

- *лінійні* – колони, ригелі, балки, прогони, палі, ферми;
- *площинні* – плити покриттів та перекриттів, панелі стін і перегородок;
- *блокові* – блоки фундаментів, стіни підвалів;
- *просторові* – санітарні кабіни, елементи шахти ліфтів, колодязі.

Для фундаментів і підземних частин будівель використовують *фундаментні блоки, плити, балки, панелі* тощо.

Фундаментні блоки – це прямокутні паралелепіпеди з важкого бетону класу В 10. Довжина блоків досягає 3 м, товщина 40...60 см, висота 60 см.

Блоки стін підвалу – суцільні й порожнисті – виконують з важкого бетону класів В 7,5 і В 10 у вигляді паралелепіпедів прямокутної форми з розмірами: довжина – до 2,5 м, товщина – 50см і висота – 70см.

До виробів для каркасів будівель належать колони і горизонтальні в'язі- ригелі й прогони, якими з'єднують між собою колони, зварюючи закладні металеві деталі. Ці вироби виготовляють з важкого бетону класів В 15...В 40.

Стінові панелі поділяють на:

- панелі для зовнішніх стін неопалювальних будівель із важких та легких бетонів класу В 15 й вище;
- для опалювальних будівель – одношарові з легких або ніздрюватих бетонів і шаруваті з важкого бетону з теплоізоляційним прошарком;
- для внутрішніх стін, виготовлені з важкого чи легкого бетону класу не нижче ніж В 10;
- панелі перегородок, армовані й неармовані – з різних видів бетону.

Панелі зовнішніх стін житлових будівель можуть бути завдовжки 3600 і 7200 мм (на одну чи дві кімнати), висотою 2900 мм, товщиною 400 мм, масою 4 і 8 т відповідно. *Стінові блоки* виконують суцільними й з внутрішніми пустотами з легкого бетону. Блоки мають конструктивну та монтажну арматуру і застосовуються для зовнішніх і внутрішніх стін. *Вироби для міжповерхових перекриттів* – настили й панелі перекриттів (шириною на всю кімнату звичайно називають *панелями*, а вузькі – *плитами*). Можуть бути з порожнистих і суцільних ребристих плит. Порожністі плити перекриттів виготовляють з круглими і овальними пустотами, довжиною 6,9 та 12 м, шириною 2,4 або 1,5 м, товщиною 55 або 30 см. Плити виготовляють з важкого бетону класів В 15...В 25.

Для промислових будівель застосовують вироби, аналогічні за номенклатурою виробам для цивільних будівель, проте вони відрізняються розмірами, армуванням та конфігурацією. До них відносять: *фундаменти під колони, вироби для каркасів будівель, колони, підкранові балки, балки покриттів, ферми та арки, оболонки.*

Вироби для інженерних споруд широко застосовують у транспортному, сільськогосподарському, гідротехнічному та інших видах будівництва. Це мостові конструкції, опори мережі електрифікації залізниць, шпали, тубінги, плити покриттів доріг та аеродромів, силосні ями, траншеї, водоводи і т. д.

Технологія виготовлення збірних і монолітних залізобетонних конструкцій складається з наступних основних технологічних етапів: вхідний контроль якості усіх використовуваних матеріалів, розрахунки складу бетонної суміші, приготування бетонної суміші, армування, укладання бетонної суміші і її формування, твердіння, розпалубка форми і витягування готового виробу.

Розрахунок складу бетонної суміші проводять з урахуванням умов експлуатації майбутніх конструкцій, виходячи з фактичних характеристик матеріалів, проектного класу бетону, способу ущільнення бетонної суміші і щільності армування. Правильність розрахунків перевіряють у лабораторних умовах шляхом виготовлення дослідних зразків з наступним контролем міцності.

Приготування бетонної суміші здійснюють в бетонозмішувачах із примусовим і гравітаційним змішуванням. Складові майбутнього бетону згідно з розрахунками, точно зважуються і дозуються. Перемішування в змішувачі бетонної суміші забезпечує її однорідність. Гравітаційні змішувачі, що працюють за принципом вільного падіння матеріалу, який перемішується, застосовують для одержання рухомих бетонних сумішей. При обертанні барабана такого змішувача відбувається багаторазовий підйом і скидання матеріалу з деякої висоти. Перемішування твердих сумішей здійснюється в змішувачах примусової дії. Більш ефективно перемішування досягається в цьому випадку за рахунок використання обертових лопат.

Тема 9. БУДІВЕЛЬНІ РОЗЧИНИ Й СУХІ БУДІВЕЛЬНІ СУМІШІ

9.1. Загальні відомості

Протягом багатьох віків архітектура й будівництво були безпосередньо пов'язані з використанням мінеральних будівельних розчинових сумішей. Вапняні штукатурні розчини відомі понад 8 тис. років, гіпсові розчинові суміші використовувалися жителями Вавілону близько 6 тис. років тому. В античні часи й Середньовіччя для поліпшення технічних характеристик будівельних розчинових сумішей до їх складу вводили різні добавки й присадки, наприклад, мило, смоли, ячний білок, золу.

Сучасне будівництво пов'язано як з використанням традиційних розчинових сумішей, так і сухих модифікованих будівельних сумішей. Україна володіє багатими запасами сировинних ресурсів для виробництва сухих будівельних сумішей. Сюди можна віднести близько 30 родовищ пісків, 20 родовищ каолінів, родовища перліту в Закарпатській області, бетонітової глини в Закарпатській і Черкаській областях. Понад 20 українських підприємств виробляють необхідний для виготовлення сухих сумішей цементу, ще приблизно стільки ж підприємств випускають таварний гіпс і вапно. Сухі суміші вперше з'явилися на ринку України на початку 90-х років, їх адаптація у вітчизняному будівництві зайняла 5 років. На сьогодні сухі суміші практично витіснили «мокре» виробництво розчинів. Крім того, розвиток індустрії сухих сумішей сприяв виникненню нових напрямків розвитку будівельної хімії.

9.2. Будівельні розчини

Будівельним розчином називають матеріал, одержуваний в результаті затвердіння раціонально підбраної суміші в'язучого (цемент, вапно і т.д.), дрібного заповнювача (піску) і води, а в необхідних випадках і спеціальних добавок. До затвердіння цей матеріал називають **розчинною сумішшю**.

Залежно від виду в'язучого, величини щільності і призначення прийнята наступна класифікація будівельних розчинів.

За призначенням розчини бувають:

- **кладочні** – для виконання кладки з цегли, штучних каменів і блоків;
- **оздоблювальні** – для оштукатурювання зовнішніх і внутрішніх поверхонь конструкції;
- **спеціальні** - декоративні, гідроізоляційні, тампонажні;
- **монтажні** – для заповнення швів між великими залізобетонними елементами домобудування,

За щільністю розрізняють:

- **звичайні важкі** (щільність більше 1500кг/м³), одержувані із застосуванням щільних природних пісків;
- **легкі** (щільність менше 1500кг/м³), що виготовляються на пористих заповнювачах (керамзитовий пісок, спучений перліт і т.д.).

За **видом в'язучого** розчини можуть бути: цементними, вапняними, гіпсовими, цементно-вапняними, вапняно-гіпсовими.

При використанні одного виду в'язучого розчин називають **простим**, двох і більше видів – **складним**.

9.2.1. Матеріали для виготовлення розчинних сумішей

В'язучі речовини. Для виготовлення будівельних розчинів, як правило, застосовують портландцемент і шлакопортландцемент, марка яких повинна бути в 3-4 рази більше марки розчину.

Повітряне вапно в розчинну суміш найчастіше вводять у вигляді вапняного тіста. **Піски** для виготовлення будівельних розчинів повинні відповідати тим же вимогам ДОСТ, що і піски для виготовлення бетонів. Застосовують природні піски - кварцові, полевошпатні й штучні – дроблені з щільних і пористих гірських порід. Пористі піски (пемзовий, керамзитовий і т.д.) застосовують для виготовлення легких розчинів. Пластифікуючі **добавки** в розчинну суміш вводять для збереження зручноукладувані розчинної суміші при укладанні її на пористу основу. Цегла, ячеїстий бетон легко всмоктують у себе воду з розчинного шару, тим самим знижують зручноукладуваність розчинної суміші і міцність майбутнього розчину.

Пластифікатори поділяють на **неорганічні** й **органічні**. **Неорганічні** пластифікатори дозволяють одержати високоякісні, зручноукладувані, не розшаровувані розчинні суміші і збільшити міцність розчинів при невеликій витраті цементу. Функції неорганічних пластифікаторів виконують вапно, глина, зола ТЕС, діатоміт, мелений доменний шлак. Глину вводять в розчин у вигляді рідкого тіста. Витрата неорганічного пластифікатора збільшується з підвищенням частки піску. Так, для розчинів складу 1:5 (цемент:пісок) вводять 100% пластифікатора, для розчину 1:7,5 –150% і т.д. **Органічні** пластифікатори ефективні лише для розчинів з відносно великою витратою цементу (марок 100 і вище). Передозування органічних пластифікаторів може призвести до уповільнення твердіння розчину і зниження його міцності, тому їх вводять у кількості 0,1-0,3 % від маси в'язучого. Функції органічних пластифікаторів виконують омилений деревний пек, каніфольне мило, милонафт, ЛСТ,СДБ та ін. Зазначені речовини здатні втягувати в розчинну суміш дрібні пухирці повітря, що додають додаткову пластичність, утворюють замкнуті пори, зменшують водопоглинання і збільшують морозостійкість розчину.

Прискорювачі твердіння додають у розчинні суміші, призначені для зимової кладки і штукатурки. Хлористий кальцій, поташ, хлорне вапно і хлористий натрій знижують температуру замерзання розчинної суміші, прискорюють твердіння суміші.

9.2.2. Властивості розчинних сумішей і затверділих розчинів
Якість розчинної суміші характеризується: **рухомістю, водоутримувальною здатністю, водовідділенням та розшаруванням** (ДСТУ Б В .2.7. -114-2002). **Рухомість розчинової суміші** - здатність розтікатись під впливом власної маси або прикладених зовнішніх сил. Вона характеризується глибиною занурення стандартного конуса в розчинову суміш протягом певного часу. У табл. 9.1 наведені марки розчинової суміші за рухомістю. Таблиця 9.1 - Марки розчинової суміші за рухомістю

Марки розчинової суміші рухомістю	Глибина занурення за конуса, см	Призначення розчинової суміші
П 4	Від 1 до 4 включно	Бутова кладка, ущільнення вібруванням
П 8	Вище 4 до включно	8Бутова кладка звичайна із порожнистої цегли і каменю, монтаж стін із крупних блоків і панелей, розшивання горизонтальних і вертикальних швів у стінах із панелей і блоків, облицювальні роботи
П 12	Вище 8 до включно	12Кладка із звичайної цегли і різного виду каменя штукатурні й облицювальні роботи.
П 14	Вище 12 до включно	14Заповнення порожнин у бутовій кладці

Одним із способів підвищення рухливості розчинної суміші є збільшення вмісту води, для забезпечення міцності розчину збільшують і витрата цементу. Більш раціональний спосіб - введення пластифікуючих добавок.

Водоутримувальна здатність - це здатність розчинної суміші утримувати воду при нанесенні на пористу основу чи при транспортуванні. Якщо розчинну суміш з малою **водоутримувальною** здатністю нанести на пористу поверхню, то розчинний шар швидко зневодниться в результаті відсмоктування води в пори. У цьому випадку затверділий розчин буде пористим і неміцним. Чим менше **водоутримувальна** здатність розчинної суміші, тим імовірніше її розшарування при транспортуванні (пісок осідає вниз, вода виявиться нагорі). Одним зі способів збільшення **водоутримувальної** здатності є введення мінеральних порошоків (вапна, глини) чи загущаючих водорозчинних полімерних добавок (метилцеллюлоза, карбоксиметилцеллюлоза і т.д.).

Розшаровуваність розчинової суміші визначають порівнянням маси заповнювача у нижній і верхній частинах щойно відформованого ущільненого зразка.

Основними показниками якості затверділого розчину є **міцність і морозостійкість**.

Міцність будівельних розчинів характеризується маркою, обумовленою за межею міцності при стиску зразків-кубів розміром 70,7 x 70,7 x 70,7 мм. Випробовувані зразки твердіють на повітрі 28 доби при температурі $(20 \pm 5)^{\circ} \text{C}$. За міцністю на стиск, вираженою в кг/см², будівельні розчини поділяють на марки: 4;10;25;50;75;100;150;200. Для виготовлення розчинів марок 4;10;25 застосовують вапно і місцеві в'язучи. Розчини більш відповідальних марок, як правило, одержують на змішаному вапняно-цементному, цементно-глиняному і цементних в'язучих. Міцність цементного розчину за умови його нанесення на щільну поверхню залежить від активності цементу і цементно-водяного відношення. Зазначену залежність описує рівняння:

$$R = 0,4 R_c (C/V - 0,3),$$

де R_c - активність цементу;

C/V - цементно-водяне відношення;

Для розчинів, покладених на пористу основу, міцність зв'язують у першу чергу з витратою

в'язучого:

$$R = k R_{ц}(\alpha - 0,05) + 4,$$

де α - витрата цементу;

k – залежить від якості піску: для великого-2,2; для середнього- 1,8; для дрібного –1,4;

Морозостійкість розчинів визначається кількістю циклів «заморожування і відтавання» до втрати 25% початкової міцності(чи 5% від маси). Розчини для кам'яної кладки зовнішніх стін і зовнішньої штукатурки мають марки за морозостійкістю F 10, F15, F25, F35 і F50.З урахуванням вологих умов експлуатації марка розчину задовольняє і більш високі вимоги по морозостійкості: F100; F150; F200; F300.

9.2.3. Підбір складу, приготування і транспортування розчинів

Підбір складу будівельного розчину виконують, виходячи з необхідної марки розчину, рухливості, призначення розчину й умов провадження робіт. Склад розчину виражається кількістю вихідних матеріалів для одержання 1м³ розчинової суміші чи співвідношенням сухих компонентів за масою або обсягом, при цьому витрату основного в'язучого приймають за 1. Приклад: склад будівельного розчину, в якому на 1 частину цементу приходиться 0,7 частин вапна і 6 частин піску, записується так: 1:0,7;6;

Приготування розчинних сумішей. Розчини наготовляють у вигляді готових до застосування сумішей чи у вигляді сухих сумішей, які зачиняються водою перед використанням.

Процес приготування розчинної суміші складається з дозування вихідних матеріалів, завантаження їх у барабан розчинозмішувача і перемішування до одержання однорідної маси в змішувачах періодичної дії з примусовим перемішуванням. За конструкцією розрізняють розчинозмішувачі з горизонтальними і вертикальними лопатевими валами(турбулентній). Місткість по готовому замісу змішувача з горизонтальними лопастями-30;65;80;250;900 л, турбулентного змішувача – 65;500;900л. Для полегшення перемішування вапна і глину вводять в суміш у вигляді вапняного чи глиняного молока. Органічні пластифікатори попередньо перемішують з водою протягом 30..45 с., потім завантажують основні компоненти. Середня тривалість перемішування розчинів - не менше 3 хв. У зимових умовах пісок і воду підігрівають до температури 60 град. Перевезення будівельних розчинних сумішей здійснюють самоскидами (10км), розчинобетонозмішувачами. Терміни зберігання розчинних сумішей залежать від виду в'язучого й обмежуються за зниженням зручноукладуваності. Цементні розчини необхідно використовувати протягом 2...4...4 годин після виготовлення.

9.2.4. Види будівельних розчинів

Розчини для кам'яних кладок та монтажу виготовляють з використанням:

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

Монтажні розчини виготовляють на основі портландцементу, розширеного й безусадочного цементів і використовують для замонолічування стиків елементів збірних залізобетонних конструкцій.

До монтажних розчинів також вносять опоряджувальні розчини - звичайні штукатурні й

декоративні.

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

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

Декоративна кам'яна штукатурка застосовується для імітації різних гірських порід і складається з портландцементу, вапняного тіста, мармурового борошна, мармурового дрібняка, слюди та пігменту

Спеціальні розчини – це :

- *розчини для заповнення швів* (готують на портландцементі й чистому кварцовому піску);
- *гідроізоляційні*(готують на цементах М400 і вище) ;
- *тампонажні*(готують залежно від умов експлуатації на сульфатостійких, пуцоланових цементах, а також з використанням шлакопортландцементу та звичайного портландцементу.
- *акустичні* (повинні мати середню щільність 600...1200кг/м³, яка забезпечується обмеженим вмістом в'язучого);
- *рентгенозахисні*(повинні мати середню щільність більше 2200 кг/м³, як заповнювачі використовують барит і порошок бариту).

9.3. Сухі будівельні суміші

Сухі будівельні суміші - це порошкоподібні композиції , що складаються з мінеральної або органічної в'язучої речовини , наповнювачів і заповнювачів, добавок, які виготовляють у заводських умовах.

Переваги сухих сумішей порівняно з традиційними розчинами і бетонами:

- мінімум доводочних технологічних операцій для приведення сухих сумішей у робочій стан – достатньо затворити водою;
- зниження на 5-7% відходів розчинів у результаті порційного дозування;
- економія на 10-15% цементу за рахунок використання пластифікуючих і водоутримуючих добавок;
- стабільність складу сухих сумішей в результаті точного дозування компонентів і ефективного їх змішування;
- підвищення в 1,5- 3 рази продуктивності праці будівельників;
- скорочення на 10-15 % транспортних витрат і підвищення якості робіт при одночасному зниженні трудоемкості і технологічних процесів.

9.3.1. Класифікація сухих будівельних сумішей і характеристика вихідних матеріалів

Сухі будівельні суміші класифікують за призначенням :

- **для вирівнювання стін і стелі** (штукатурні розчини, розчини для монтажу гіпсокартонних виробів);
- **для влаштування підлоги** (основи під покриття, несучі підлоги);
- **для плиткових робіт** (плиткові розчини, затирки для швів);

- для малярних робіт (шпатлівки, фарби);
- для мурування (розчини для мурування, укладання газобетонних блоків, пазогребневих перегородок);
- для виконання гідроізоляційних робіт (розчини для штукатурної та обмазувальної гідроізоляції);
- для виконання теплоізоляційних робіт (клеї для приклеювання теплоізоляційних матеріалів, розчини для вирівнювання).

Вихідні матеріали поєднані в такі основні групи:

- мінеральні в'язучі (білий та кольоровий портландцемент, глиноземистий і вогнетривкий цемент, гіпсові в'язучі, вапно);
- органічні в'язучі (дисперсні полімерні порошки на основі термопластичних полімерів (вінілацетату, етилену, вінілхлориду, акрилату та ін.);
- наповнювачі й заповнювачі (природні дисперсні речовини - глини, доломіт, мармурове борошно, аморфний кремнезем , крейда ,кварцовий пісок, механічно-дисперговані слюда, тальк, вермикуліт, перліт, азбест);
- добавки(водоутримувальні, пластифікатори, піногасники, пігменти, емульгатори, регулятори тужавлення, гідрофобізатори, пороутворювачі, стабілізатори та ін.).

До водоутримувальних добавок відносять метилцелюлозу та порошки на її основі, бентонітову глину.

У вигляді пластифікаторів застосовують продукти конденсації нафталінсульфо кислоти і формальдегіду й комплексні добавки на їх основі.

У вигляді піногасників використовують матеріали, виготовлені на основі кремнієорганічних речовин, ефірів вищих жирних спиртів.

Як пігменти застосовують неорганічні речовини, що за хімічним складом є оксидами титану, феруму та хрому або солями, наприклад, залізну лазурь. Використовують також органічні речовини - фталоціанінові пігменти блакитного, зеленого і червоного кольорів.

9.3.2. Характеристика сухих будівельних сумішей різного призначення

Мурувальні розчини (розчини для кам'яної кладки) отримують на базі цементу та гідралічного вапна марок М 100 і М 200. Заповнювачами є кварцовий або вапняковий пісок. Такі розчини за призначенням класифікують на три групи:

- для звичайної цегли і блоків;
- для склеювання при муруванні тонкостінних блоків;
- для теплоізоляційної і силікатної цегли з покращеними теплоізоляційними властивостями.

Сухі суміші для гідроізоляційних робіт застосовують у вигляді фарбової або штукатурної гідроізоляції. Фарбова гідроізоляція – це багатошарове покриття складами на основі бітумно-полімерних мастик, а також на основі епоксидних поліуретанових та акрилових смол. Штукатурна гідроізоляція – це покриття товщиною 5...20 мм із полімерцементних композицій. *Клеї для облицювальних робіт* – це еластичні, адгезивні та тиксотропні речовини ,за допомогою яких приклеювають плитку до поверхонь будівель та споруд. Комплекс властивостей не дозволяє плитці сповзати з поверхні, компенсує навантаження між плиткою і поверхнею, яке виникає

внаслідок дії усадочних, температурних та інших деформацій. **Затиральні суміші (фуги)** – це декоративні кольорові склади, які використовують для зовнішніх і внутрішніх робіт при заповненні швів між плитками з метою надання закінченого декоративного вигляду облицюванню. Ці матеріали сприймають частину напружень, що виникають на всій поверхні покриття, захищають конструкції від механічного пошкодження та проникнення води, мають добру адгезію до всіх частин плитки, низьку усадку, достатню еластичність, опір стиранню, ударну міцність. Затиральні розчини поділяють на :

- сірі (для покриття підлог);
- швидкотверднучі (для зовнішніх та внутрішніх робіт);
- еластичні (з гідрофобними властивостями);
- високоякісні фінішні забарвлені.

Полімермінеральні штукатурки – поділяють на цементні й гіпсомісткі. Склади на основі цементу призначені для оздоблювання фасадів і містять цемент, вапно, наповнювач. полімерний компонент, уповільнювач тужавіння, водоутримувальний компонент. Гіпсомісткі штукатурки призначені для оздоблення внутрішніх поверхонь приміщень. Вони складаються з гіпсу, вапна, наповнювачів, уповільнювачів тужавіння, водоутримувального компоненту. Основними перевагами гіпсомістких сумішей є висока міцність і твердість, швидкість тужавіння, низька звукопровідність, добра хімічна стійкість і вогнетривкість. **Суміші для підлог та стяжок (наливні підлоги)** поділяють на :

- звичайні, використовують для ремонтних робіт на невеликій площі наносять вручну;
- швидкотужавіючі, застосовують як підшар на великих поверхнях, товщиною від 15мм;
- високоякісні швидкотужавіючі, застосовують на великих поверхнях, товщиною від 5 до 10мм.

Підлоги повинні мати високі показники якості за міцністю, деформативністю, зносостійкістю, тріщиностійкістю та декоративністю. Таким комплексом властивостей відрізняються наливні підлоги, отримані з використанням полімерних в'язучих речовин. Як мінеральні в'язучі матеріали використовують портландцемент, високоалюмінатний цемент, гіпс, ангідридовий цемент. Заповнювачем є кварцовий пісок, наповнювачем карбонатні породи або зола.

Сухі фарбові суміші (порошкові полімерні фарби) представляють собою дрібнодисперсну суху суміш, що складається із твердих полімерів, наповнювачів, пігментів та спеціальних добавок. Основною сировиною є епоксидні, поліефірні, поліуретанові смоли та поліетілен, полівінілхлорид. Порошкові полімерні фарби використовують в зв'язку з підвищенням вимог до охорони навколишнього середовища та високою вартістю природних масел, вони не містять органічних бавників.

Контрольні запитання

1. Що називають будівельними розчинами?
2. Як досягають необхідної зручності укладуваності й водоутримуючої здатності розчинної суміші?
3. У чому полягає зміст змішаних розчинів?
4. Области застосування будівельних розчинів.
5. Які види декоративних розчинів ви знаєте?
6. Що називають сухою будівельною сумішшю?

7. Як класифікують сухі будівельні суміші?
8. Як будівельні розчини відрізняються від сухих будівельних сумішей?
9. Наведіть характеристики сухих будівельних сумішей різного призначення.

Тема 10. МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ З ДЕРЕВИНИ

10.1. Загальні відомості

Дерево завжди привертало увагу будівельників легкістю обробки, невеликою власною масою при відносно високій міцності й гарних теплоізоляційних властивостях. З колод зводили стіни, балки міжповерхових перекриттів, з дощок настиляли підлоги, збивали перегородки, двері, віконні рами, плетіння; з окремих брусів збирали несучі елементи мостів, покриття громадських будинків. Споруджене в 1817 р. у Москві покриття Кінногвардійського манежу (тепер Центральний виставочний зал) і тепер викликає захоплення, тому що його дерев'яні ферми без будь-яких проміжних опор перекивають проліт у 44,9 м. Сьогодні діапазон застосування деревини значно розширився, хоча витрачається вона ощадливіше. Стружка й опилкування, що неминуче утворюються при обробці деревини, а також деревина із сучковатістю і тріщинами за старих часів зовсім не використовувалися. У наші дні, застосування синтетичних смол і клеїв дозволяє одержати з відходів деревини дерев'яні клеєні конструкції значних розмірів, деревостружкові й деревоволокнисті плити, теплоізоляційний картон і будівельний папір.

У будівництві застосовують як хвойні (сосна, модрина, ялина, ялиця, кедр) так і листяні (дуб, ясен, бук, береза, осика) породи. Область їхнього раціонального використання представлена в таблиці.

10.2. Будова і склад деревини

Зростаюче дерево складається з кореневої системи, крони і стовбура. Стовбур є основною і найбільш коштовною частиною дерева. З нього одержують від 60 до 90% ділової деревини. За своєю будовою деревина є волокнистим, пористим матеріалом, що складається з живих і мертвих кліток, які забезпечують живильні, запасальні і механічні функції.

Макроструктуру (будова стовбура дерева видима неозброєним оком) і **мікроструктуру** (видима під мікроскопом) вивчають у поперечному і двох поздовжніх перерізах: радіальному і тангенціальному.

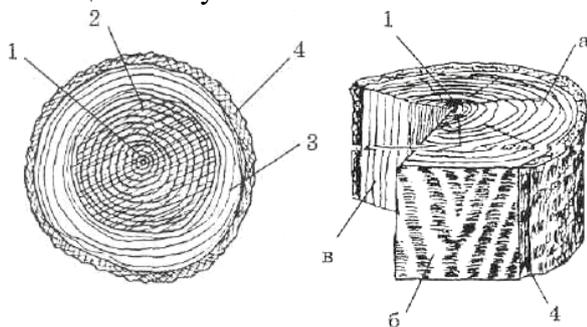


Рис. 10.1 - Розрізи стовбура дерева:

а - торцевий; б - тангенціальний; в - радіальний; елементи деревини стовбура:

1 - серцевина; 2 - ядро; 3 - заболонь; 4 - кора

При дослідженні розрізів стовбура неозброєним оком можна розрізнити наступні основні частини: серцевину, кору, камбій і деревину (рис 10.1.)

Частина стовбура від лубу до серцевини (деревина) на поперечному розрізі складається з річних кілець. Кожне кільце, у свою чергу, включає світле кільце ранньої деревини і більш темне – пізньої. Рання деревина утворюється навесні чи на початку літа, вона складається з великих тонкостінних кліток, має велику пористість і низьку міцність. Деревина, що утворилася влітку і на початку осені (пізня), має темний колір, велику міцність і щільність. Отже чим більше вміст пізньої деревини, тим вище міцність дерева.

10.3. Загальні властивості деревини

Кожна порода дерева має характерний колір і текстуру. Для хвойних порід характерний простий і одноманітний малюнок, а різноманіття і багатство текстури деревини листяних порід високо ціниться в столярно-оздоблювальних роботах. Деревина всіх порід в основному складається з целюлози, у зв'язку з чим істинну щільність деревини приймають рівної $1,54 \text{ г/см}^3$. Середня щільність коливається від 450 до 900 кг/м^3 . Деревина, володіючи гідрофільністю і волокнистою пористою структурою, легко всмоктує і віддає вологу. Вологість деревини виражають у % стосовно маси сухої деревини. Розрізняють *гігроскопічну* вологу (зв'язану в стінках кліток) і *капілярну* вологу (вільно заповнює міжклітинний простір і порожнини кліток). Вологість, придбана деревиною при тривалому перебуванні в умовах постійного температурно-вологого режиму, називають *рівноважною*. Для *кімнатно-сухої* деревини рівноважна вологість складає 8-12%, для *повітряно-сухої* – 15-18%. Унаслідок коливання вологості деревини відбувається небажана зміна розмірів і форми виробу. Нерівномірність усушки, викликана неоднорідністю будови деревини, і наступне короблення сприяють розтріскуванню пиломатеріалів і колод. Для запобігання зазначеним процесом столярні вироби виготовляють з деревини з вологістю 8-10%, зовнішні конструкції – 15-18%. Зволоження сухої деревини до досягнення нею межі гігроскопічності стінки деревних кліток приводить до їхнього стовщення, збільшення об'єму і розмірів дерев'яних виробів. Вказаний процес називається *набряканням*.

У сухому стані деревина є теплоізоляційним матеріалом і діелектриком. Зазначені фізичні властивості залежать від напрямку теплових потоків, пористості й вологості деревини. Механічні властивості деревини залежать від напрямку навантаження стосовно деревних волокон, середньої щільності і вологості. Міцність деревини при стиску уздовж волокон у 4-6 разів більше, ніж поперек. Наприклад, для сосни уздовж волокон вона складає 100 МПа, поперек – 20-25 МПа. Волокниста будова деревини забезпечує дерев'яним конструкціям великий опір вигину, тому й застосовують для виготовлення балок, крокв, ферм.

Міцність деревини при *сколюванні* має велике значення при влаштуванні врубок, клейових швів і т.д., у дерев'яних конструкціях. Ця міцність складає 6-13 МПа, при сколюванні уздовж волокон і 24-40 МПа – поперек волокон.

Статична твердість чисельно дорівнює навантаженню, що необхідне для вдавнення в поверхню зразка половини металевої кульки певної маси і діаметра. Залежно від цього показника всі породи дерева підрозділяють на м'які (сосна, ялина, вільха) – 35-50 МПа, тверді (дуб, граб, береза) – 50-100 МПа, дуже тверді (кизил, самшит) – більше 100 МПа.

10.4. Деревні породи

Деревні породи поділяють на хвойні й листяні.

Сосна – ядрова порода, має високу міцність і низьку щільність, середня щільність – 470-540 кг/м³. Деревина сосни смолиста, важко піддається загниванню, її застосовують у вигляді кругляка та пиляних лісоматеріалів, а також для виготовлення столярних виробів і меблів. *Ялина* – порода із стиглою деревиною, маслосмолиста, має високі показники міцності, низьку середню щільність (440-500 кг/м³). Її застосовують для виготовлення будівельних конструкцій та столярних виробів. За якістю деревини ялина незначно поступається перед сосною. Найкращі властивості має дерево, зрубане у віці 80-100 років.

Модрина – ядрова смолиста порода з підвищеними твердістю та середньою щільністю (630-730 кг/м³). Стійка проти загнивання, найкращі властивості має у віці 100-120 років. Застосовують в будівництві мостів, а також у гідротехнічному будівництві, для виготовлення шпал. Недолік модрина – схильність до розтріскування.

Дуб – ядрова порода, яка має високу механічну міцність і щільність 720 кг/м³. Оптимальний час зрубання – 180 років. Має високу стійкість проти загнивання, добру текстуру. Застосовують у відповідальних конструкціях, мостобудуванні, гідротехнічному будівництві, для виготовлення облицювальної фанери, столярних виробів і паркету.

Бук – розсіяно-пориста стиглодеревна порода. Деревина тверда, щільна (середня густина – 650кг/м³), пружна. Найкращі властивості має, якщо зрубана у віці 110 років. Застосовують для виготовлення меблів, столярних виробів і паркету.

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

Береза – заболонна порода. Деревина щільна (середня щільність – 650 кг/м³), має високі міцність, в'язкість; нестійка проти загнивання. Застосовують для виготовлення фанери, паркету, столярних виробів, поручнів, опоряджувальних робіт.

10.5. Вади деревини

Сучки – це частини в деревині, що порушують однорідність її будови викликають скривлення волокон, утруднюють механічну обробку.

Тріщини – розриви деревини уздовж волокон, порушують цілісність матеріалу, знижують механічну міцність і довговічність. Можуть бути:

- метиковими (виникають у зростаючому дереві, розташовані на обох торцях колоди в одній площині),
- морозні (утворюються в зростаючому дереві, мають радіальний напрямок із заболоні в ядро, значну довжину уздовж стовбура), тріщини, усушки (виникають у зрубаному дереві глибиною і довжиною не більше 1 м).

Збіжистість – це зменшення діаметра круглих лісоматеріалів від товстого до тонкого кінця, що перевищує нормальний стік, рівний 1 см на 1 м довжини колоди. Зазначена вада характерна для необрізних матеріалів, збільшує відходи при розпилюванні. **Закомелистість** – різке збільшення окоренкової частини стовбура дерева. Може бути округла і ребриста.

Кривизна – скривлення поздовжньої осі колод, пов'язане з кривизною стовбура.

Нахил волокон – непаралельність волокон поздовжньої осі виробів. Утруднює механічну обробку

деревини, знижує міцність пиломатеріалів, при розтяганні і стиску, збільшує міцність при розколюванні.

Крен – ненормальне стовщення пізньої деревини в річних шарах.

Завилькуватість – безладне розташування волокон деревини.

Серцевина – вузька центральна частина стовбура, що складається з пухкої деревини.

Завиток – місцеве різке скривлення річних шарів під впливом сучків.

Пасинок – відмерла друга чи вершина товстий сук, що пронизує стовбур під гострим кутом до його поздовжньої осі.

Сухобокість – омертвіла ділянка стовбура.

Засмолок – ділянка деревини, рясно просочена смолою.

Ядра гнилизна – результат дії дереворуйнівних грибків, знижує сортність і механічні властивості деревини.

Червоточини – ходи й отвори, пророблені в деревині кошами.

10.6. Захист деревини від гниття, уражених кошами і загорання

При вологих умовах експлуатації деревина піддається дії мікроорганізмів, руйнується – загниває. Захист деревини від гниття і продовження терміну служби забезпечується шляхом попереднього природного чи штучного сушіння, фарбування водостійкими барвистими складами, антисептуванням.

Антисептики підрозділяються на водорозчинні (фтористий і кремнефтористий натрій, кремніфторфт амоній, суміш борної кислоти і бури (ББК-3), пентахлорфенол (ГР-48), хлористий цинк, мідний купорос) і масляні (антраценова олія, кам'яновугільна олія, сланцева олія). Просочення деревини антисептиками здійснюється декількома методами: поверхнева обробка кистями на глибину 1-2 мм, почергове просочення в гаряче - холодних ваннах з температурою 90-20 °С під тиском 0,6-0,8 МПа в автоклавах, зануренням у високотемпературну ванну при температурі 160-170 °С. Крім зазначених способів для попередження гниття деревини вживають конструктивні заходи: ізолюють від ґрунту, каменю, бетону, улаштовують спеціальні канали для провітрювання.

Для захисту деревини від ураження кошами використовують **інсектициди**, роль яких добре виконують масляні антисептики і препарати на органічних розчинниках, розчин хлорофосу, хлоровану, хлорпінкрин.

За вогнестійкістю деревина відноситься до горючих матеріалів. Конструктивні заходи захисту деревини від горіння здійснюють шляхом розташування дерев'яної конструкції на безпечній відстані від джерела нагрівання, покриття дерев'яної конструкції штукатуркою, азбестоцементними листами. Крім того, будівельними нормами допускається використання деревини для виготовлення балок, колон, арок, ферм за умови просочення матеріалу спеціальними вогнезахисними речовинами – **антипіренами**. Найбільш ефективний метод – просочення під тиском. У якості антипіренів застосовують буру, хлористий амоній, фосфорнокислий амоній, сірчанокислий амоній.

10.7. Матеріали і вироби з деревини

Матеріали з деревини застосовують у будівництві, як конструкційні, оздоблювальні, теплоізоляційні, акустичні й погонажні.

До **конструкційного** відносяться круглі лісоматеріали, пиломатеріали, фанера, деревні шаруваті пластики, фіброліт, арболіт, цементно-стружкові плити. **Круглі** лісоматеріали одержують шляхом розпилування і очищення від кори стовбурів дерев. Залежно від діаметра верхнього торця їх підрозділяють на колоди (не менше 14 см), підтоварники (8-13 см) і жердини (3 см). Колоди застосовують для вироблення пиломатеріалів, зведення колодних будинків, виготовлення паль, елементів мостів, опор ліній електропередач, підтоварники і жердини – для допоміжних і тимчасових споруд. При розкрої колоди одержують **пиломатеріали** (рис. 10.2.) різного виду і розмірів (бруси, шпали, дошки).

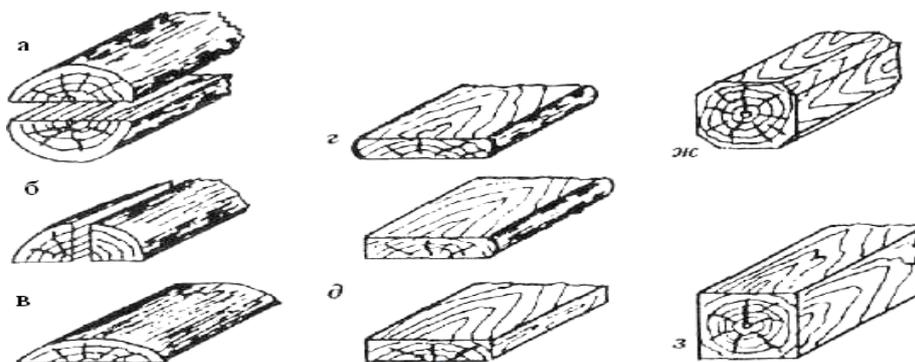


Рис. 10.2 - Пиломатеріали:

а — пластины; *б* — четвертини; *в* — обапіл; *г* — дошка необрізна;

д — дошка напівобрізна; *ж* — дошка обрізна; *з* — брус чотирикатний; *з* — брус чистообрізний

Столярні вироби – віконні й дверні блоки з вмонтованими в них віконними плетіннями і дверними полотнами, підвіконні дошки, щитові двері для житлових і громадських будинків. **Фанера** являє собою листовий матеріал, склеєний із трьох і більше шарів лущеної шпони таким чином, щоб напрямок волокон у суміжних шарах був взаємно перпендикулярним. **Шпона** – тонкий листовий матеріал, отриманий луценням чи струганням на спеціальних верстатах розпилених кряжів. Застосовується для обшивання внутрішніх перегородок на дерев'яній рамі, просторових конструкцій у вигляді куполів, а також клесних балок, арок і ферм. **Паркет** – виготовляють з твердих порід – дуба, бука, ясеня і т.д. Буває звичайним (планочний) і щитовим. Щитовий паркет має основу з дошок чи брусів, на які наклеєна паркетна планка. **Деревні шаруваті пластики** являють собою листовий матеріал, отриманий методом пресовки декількох шарів шпони, просочених при високих температурах високомолекулярними смолами. Застосовується в конструкціях, від яких потрібні хімічна стійкість й високий опір стиранню. **Фібролітом** називають плитний матеріал з тонких довгих деревних стружок, скріплених мінеральними в'язучими. Фібролітові плити технологічні, міцно зчіплюються з незатверділим бетоном, надійно кріпляться до бетонної і кам'яної поверхні. Вироби з фіброліту морозостійкі, не загнивають, не уражаються гризунами. Застосовують для виготовлення перекриттів, перегородок і покриттів сільськогосподарських і складських будівель, а також стін дерев'яних стандартних будинків.

Арболіт – легкий деревобетон на мінеральному в'язучому. Для виготовлення арболіту використовують відходи лісопиляння і переробки деревини різних порід, а також подрібнені сучки, обаполи. Застосовують для виготовлення начіпних панелей зовнішніх стін, самонесучих панелей зовнішніх і внутрішніх стін, плит покриттів.

Цементно - стружкові плити на відміну від фіброліту й арболіту пресують при підвищеному

тиску, тому вони мають велику щільність. Застосовують для зовнішнього обшивання стінових панелей житлових будинків, як опалубку для бетону, виготовлення санітарно-гігієнічних кабін. **Древесностружкові й деревноволокнисті** плити одержують методом плоского пресування відходів стружки й обпилювань, змішаних із синтетичними смолами. Застосовують для облицювання внутрішніх стін громадських і адміністративних будинків, для покриттів підлог. **Погонажні вироби** включають лиштви, плінтуси, поручні, дошки для підлоги. (рис.10.3.)

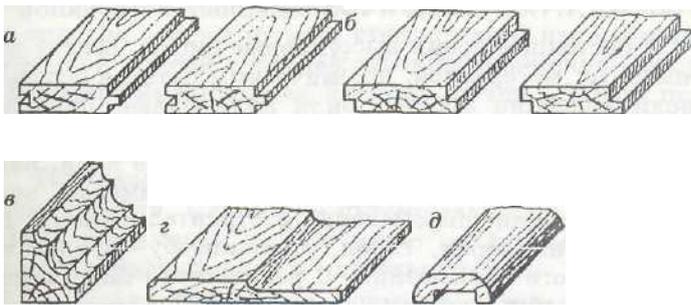


Рис.10.3 - Погонажні вироби:

а — шпунтовані дошки; б — фальцові дошки; в — плінтус;
г — лиштва; д — поручень

Контрольні запитання

1. Розповісти про використання природних кам'яних матеріалів у будівництві.
2. Як класифікують гірські породи?
3. Чим розрізняються між собою гірська порода і мінерал?
4. Що ви знаєте про магматичні породи?
5. Як утворилися осадові породи? Розкажіть про осадові породи механічного походження.
6. Чим відрізняється мармур від вапняку?
7. Який хімічний склад деревини?
8. Що таке рівноважна вологість деревини?
9. Які вади можуть бути в деревині?
10. Чому деревина жолобиться при зміні вологості?
11. Порівняйте деревину і цеглу за щільністю.
12. Як захистити деревину від гниття?
13. Як захистити деревину від загоряння?
14. Що таке клеєні дерев'яні конструкції, які їх переваги перед звичайними пиломатеріалами?
15. Які матеріали можна одержати з відходів деревини?

Розділ 11. БІТУМНІ Й ДЬОГТЬОВІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ, МАТЕРІАЛИ НА ЇХНІЙ ОСНОВІ

11.1. Загальні відомості

Бітуми й дьогті являють собою органічні матеріали аморфної структури до складу яких входять високомолекулярні вуглеводні і їхні похідні. Застосування бітумів було відоме давно, однак література тривалий час майже не згадувала про бітуми чи асфальти. За 700 років до нашої ери у Вавилоні природний полімер-бітум застосовувався як цементуючий і водостійкий матеріал при будівництві каналу під рікою Євфрат. У 1300 р. італійський мандрівник Марко Поло вперше вказав на поклади «рідкого асфальту» в Баку. У Росії асфальти і бітуми почали застосовувати в 40-ві роки XIX ст., спочатку в дорожньому будівництві, а потім при виробництві лаків, фарб і гідроізоляційних матеріалів. Бітуми й дьогті поєднує близькість складу і структури і, як наслідок, подібність основних властивостей.

До бітумних матеріалів відносяться:

- **п р и р о д н і** бітуми – грузлі рідкі чи твердоподібні речовини, що являють собою продукти природного окислювання нафти, які складаються із суміші вуглеводнів і їхніх неметалічних похідних (сірки, азоту, кисню та ін.);
- **а с ф а л ь т о в і** породи – пористі гірські породи (вапняки, доломіти, піщаники, глини, піски), просочені бітумом. Зі структури зазначених гірських порід екстрагують бітум чи подрібнюючі породи і одержують асфальтовий порошок;
- **н е ф т я н і** бітуми – одержують шляхом заводської переробки нафти. Залежно від технології переробки бітуми можуть бути: **о к и с л е н и м и**, **о с т а т о ч н и м и**, **к р е к і н г о в и м и**.

Дьогті одержують у результаті сухої перегонки твердих видів палива: кам'яного вугілля, торфу чи нафти, пальних сланців. Дьогтьові в'язучі речовини підрозділяють на наступні види:
- **с и р и й к а м ' я н о в у г і л ь н и й** дьоготь, одержуваний коксуванням (1000° - 1300°) чи напівкоксуванням (500° - 600°), що являє собою грузлу темно-буру рідину, яка складається з насичених і ненасичених вуглеводнів і фенолу;
- **в і д і г н а н и й** дьоготь одержують із сирого дьогтю шляхом видалення води і легких і середніх масел. Цей процес здійснюється при температурі 300° - 360° С.
- **п е к - т в е р д и й**, залишковий продукт перегонки кам'яновугільної смоли, не розчиняється у воді, розчинний в органічних розчинниках.
За призначенням бітумні й дьогтьові матеріали бувають :

- **д о р о ж н і м и** ;
- **г і д р о і з о л я ц і й н и м и** ;
- **г е р м е т и з у ю ч и м и** ;
- **д о р о в е л ь н и м и** ;
- **а н т и к о р о з і й н и м и** та ін.

11.2. Властивості бітумних і дьогтьових в'язучих речовин

Бітуми і дьогті називають чорними в'язучими, тому що вони мають чорний чи темно-бурий колір. На відміну від кристалічних матеріалів, володіючих аморфною структурою, не мають визначеної температури плавлення. Поступовий перехід їхнього твердого стану в рідке при підвищенні температури не приводить до зміни основних властивостей, отже, чорні в'язучі термопластичні.

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

- температура розм'якшення, що характеризує теплостійкість і ступінь розм'якшення бітумів при нагріванні (прилад «Кільце і куля» (рис. 11.1);
- твердість, знаходять за глибиною проникання в бітум голки приладу пенетрометра (рис. 11.2.);
- розтяжність (дуктильність) характеризується абсолютним подовженням зразка бітуму при температурі 25⁰С, встановленим на приладі дуктилометра (рис. 11.3.).

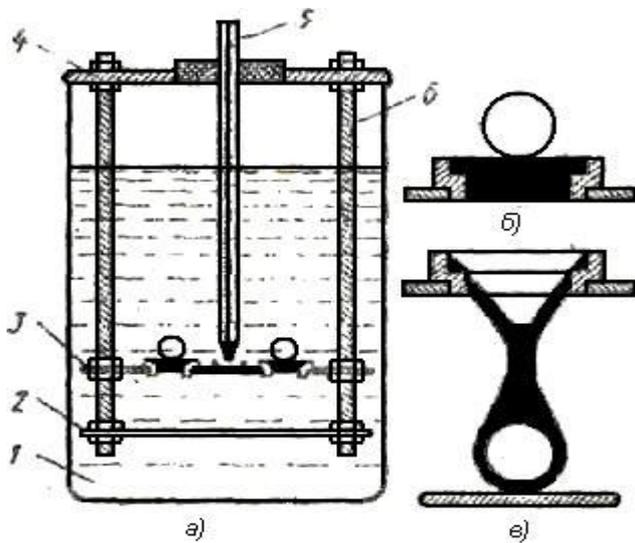


Рис. 11.1 - Визначення температури розм'якшення бітуму: а — схема приладу «Кільце й куля»; б — положення кульки на початку випробування; в — положення кульки наприкінці випробування; 1 — склянка; 2 — диски; 3 — термометр; 4- стрижень штанга; 5- кронштейн; б — кріпильні стрижні

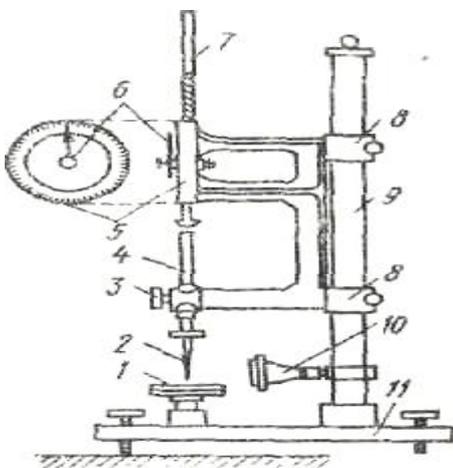


Рис. 11.2 - Визначення твердості бітуму:

1 - столик; 2 - голка; 3 - затискний пристрій; 4 - стрижень голкотримача; 5 - циферблат; 6 - стрілка; 7 - штанга; 9 - штатив; 10 - дзеркало; 11-підставка

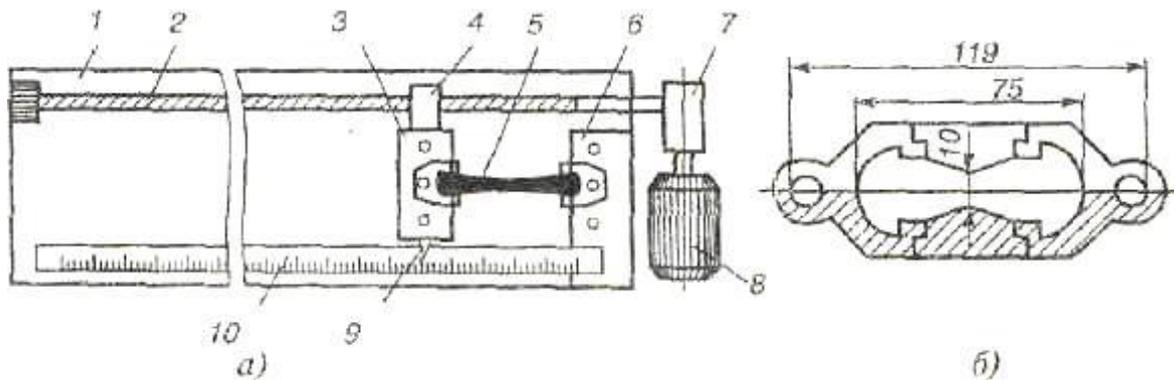


Рис. 11.3 - Визначення розтяжності бітуму:
 а — дуктилометр; б — розбірна форма; 1 — ящик з оцинкової сталі;
 2 — гвинт; 3 — полозки; 4 — гайка; 5 — зразок бітуму; 6 — нерухома опора;
 7 — редуктор; 8 — електродвигун; 9 — стрілка; 10 — лінійка (по неї фіксується подовження в момент розриву)

Перераховані вище властивості визначають марку бітумів, умовне позначення якої включає букви, що позначають застосування бітуму, і цифри, що характеризують його основні властивості. Наприклад, бітуми марки БН- 90/10, БНК 90/40 – бітум нафтовий будівельний і покрівельний, температура розм'якшення 90° , твердість 10° і 40° , відповідно БНД -130/220- бітум нафтовий дорожній з температурою розм'якшення 130° і твердістю 220° . Далі представлена таблиця, що містить основні вимоги, до будівельних і покрівельних бітумів. Дьогтеві в'язучі являють собою складні дисперсні системи, властивості яких визначаються співвідношенням між твердими складовими, смолами й маслами. Температура розм'якшення дьогтів високих марок звичайно нижче, ніж тугоплавких бітумів, однак біостійкість матеріалів на основі дьогтьових в'язучих вище в порівнянні з бітумними матеріалами. Цей факт пояснюється високою токсичністю фенолів, що містяться в дьогтях. Атмосферостійкість дьогтьових матеріалів нижче в порівнянні з бітумними, тому що дьогті містять ненасичені вуглеводні, які провокують старіння.

11.3. Застосування бітумних і дьогтьових в'язучих

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

Залежно від умов роботи будівельної конструкції застосовують різні види гідроізоляції з використанням бітумних матеріалів, у тому числі оклеювальну і обмазкувальну. Для виконання оклеювальної гідроізоляції застосовують рулонні покрівельні матеріали, що можуть бути основними (руберойд, склоруберойд, фольгоруберойд, гідроізол) і безосновними (ізол).

Руберойд (ДСТУ Б А.1.1.-15-94,ГОСТ10923) – рулонний матеріал, що виготовляється шляхом просочення покрівельного картону розплавленим легкоплавким бітумом з наступним покриттям з одного чи обох сторін тугоплавким нафтовим бітумом.

Залежності від призначення руберойд підрозділяють на :

- **покрівельний** (влаштування верхнього шару покрівельного килиму);

• **підкладковий** (для нижнього шару покрівельного килиму і гідроізоляції будівельних конструкцій).

Руберойд випускають чотирьох марок: РКК-500А; РКК- 500Б и В ;РКМ-305Б и в ; РПМ і РПП –300А,Б; РКЧ-350 Б и В . У позначення марки руберойду: букви К и П - призначення руберойду (покрівельний чи підкладковий); третя буква вказує на вид посипання (К- грубозерниста, М – дрібнозерниста, П- пилоподібна, Ч- луската). Число, що стоїть після буквені інформації, показує масу 1 м² покрівельного картону.

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

Склоруберойд(ГОСТ 15879) – рулонний покрівельний і гідроізоляційний матеріал. Одержують шляхом двостороннього нанесення бітумного в'язучого на скловолокнисте полотно. Застосовують для покрівельного килиму й обклеювальної гідроізоляції. **Фольгоізол** (ГОСТ 20429) - рулонний гнучкий і теплостійкий матеріал з тонкої рифленої алюмінієвої фольги, покритої з нижньої сторони шаром бітумно-гумового чи бітумно-полімерного сполучного, змішаного з мінеральним наповнювачами і антисептиком. **Гідроізол** (ГОСТ7415)– безпокривний біостійкий рулонний матеріал, одержуваний просоченням азбестового паперу нафтовим бітумом, застосовується для гідроізоляції підземних споруд і плоских покрівель.

Ізол (ГОСТ 10296) – безосновний рулонний матеріал, отримуваний у результаті прокатки в полотно гарячої пластичної маси, що складається з бітуму і бітумно-полімерного в'язучого, наповнювача, дрібномолотих відходів гуми. Застосовується для паро-і гідроізоляції, має високу довговічність, міцність при розтягуванні, водопоглинання, еластичний при негативних температурах.

Пергамін (ГОСТ 2697)- рулонний покрівельний матеріал на основі картону, просоченого нафтовим бітумом з температурою розм'якшення 40⁰ С . Він є підкладковим матеріалом під руберойд і використовується для пароізоляції. Пергамін не має покривного шару бітуму і посипання.

Лінкром (ТУ5774-002-13157915-98)- покрівельний й гідроізоляційний матеріал для влаштування покрівель дахів із невеликим нахилом, а також для гідроізоляції фундаментів будівель і споруд . Складається з міцної основи , яка не гниє (склотканина, склохолст, поліефірне полотно), на яку з обох сторін наносять бітумну масу. Нижня сторона лінкрому закрита легкоплавкою полімерною плівкою, верхня- плівкою або мінеральною посипкою. Гарантійний термін служби- більше 20 років.

Уніфлекс (ГОСТ 2678) – рулонний покрівельний і гідроізоляційний матеріал, призначений для влаштування покрівельного килиму будівель та споруд різного призначення, гідроізоляції фундаментів, мостів , тунелів. Має основу зі склотканини, нетканого поліефірного полотна. З обох сторін покривається модифікованою полімерно-бітумною сумішшю(стирол-бутадиєн, стирол-бітум). Міцність уніфлексу при розтягу в разі використання як основи склотканини – до 8 Мпа, склополотна- до 6Мпа, абсолютна водонепроникність, температура розм'якшення - + 100 С . Модифікатором бітуму є каучук стирол-бутадиєн-стирол (СБС).

Техноласт(ТУ 5774-003-00287852-99) – рулонний матеріал, призначений для влаштування покрівель із невеликим нахилом, а також для гідроізоляції, коли ставляться підвищені вимоги щодо надійності й довговічності. Має основу, просочену бітумом, модифікований штучним каучуком СБС. Легко вкладається в холодний період року і не стає надто м'яким у теплу, сонячну погоду, при охолодженні до температури до -25 оС має гнучкість, температура розм'якшення

становить 110...115 о С, міцність при розтягу на основі склотканини- 8МПа, на основі поліефірної тканини – МПа.

Толь (ГОСТ 10996) – рулонний матеріал, який одержують просоченням і покриттям покрівельного картону кам'яновугільними чи сланцевими дьогтями без посипання із посипанням мінеральною крихтою. Використовують як підкладковий матеріал для влаштування багатошарових покрівель, для паро- і гідроізоляції, для покрівель тимчасових споруд, гідроізоляції фундаментів.

Фарбувальна гідроізоляції виконується з використанням покрівельних і гідроізоляційних мастик.

Мастиками називають пластичні штучні суміші органічних речовин з мінеральними заповнювачами і добавками. Залежно від вихідного в'язучого мастики бувають:

- бітумними;
- бітумно-гумовими;
- дьогтьовими і т.д

З метою полегшення нанесення складу на поверхню, що захищається, мастик розігрівають (гаряча мастика) або вводять органічний розчинник (холодна мастика). Найбільше застосування в будівництві для виконання покрівлі і гідроізоляції будівельних конструкцій знайшли наступні мастичні склади: МБК-Г-55(65, 75, 85, 100) – бітумна покрівельна гаряча з теплостійкістю 55-100⁰С, МБР-Г-55(65, 75, 85, 100) – бітумна з наповнювачем з гумової крихти; МББГ-90(80) – гаряча бітумно-бутимно-каучукова. Холодні мастики, як правило, містять органічний розчинник, добре склеюють бітумні і рулонні матеріали між собою, приклеюють їх до погрунтованої основи. Найбільш поширена холодна бітумна мастика марки МБК-Х-1. До недоліків гарячих мастик відносяться їхня нестабільність, велика витрата енергії на виробництві, низькі експлуатаційні властивості при атмосферних впливах. При роботі з холодними мастиками випаровується шкідливий для здоров'я людини розчинник. У сучасному будівництві все більшу популярність здобувають бітумно-емульсійні мастики, що являють собою рівномірно розподілені у воді дрібні частки бітуму, покриті шаром твердого чи рідкого емульгатора. Ці мастики екологічно нешкідливі, гігієнічні, пожежо- і вибухобезпечні.

11.4. Асфальтобетонні розчини

Асфальтобетонні розчини є важливим матеріалом для пристрою дорожніх і аеродромних покриттів, підлог промислових підприємств.

Асфальтобетон – штучний будівельний матеріал, одержуваний у результаті затвердіння ущільненої асфальтобетонної маси, що складається з ретельно перемішаних компонентів: щебеню, піску, мінерального порошку і бітуму. Асфальтобетон, що не містить великий заповнювач, називається **асфальторозчином**.

За видом великого заповнювача асфальтобетон поділяють на щебеневий і гравійний. Залежно від марки застосовуваного бітуму і температури укладання поділяється – на гарячі(120⁰С), теплі (70⁰С), і холодні, приготовлені на рідких бітумах чи бітумних емульсіях, які укладають при температурі навколишнього середовища не нижче 5⁰С. Залежно від розміру зерен заповнювача гарячі й теплі асфальтобетони розділяють на грубозернисті – найбільший розмір зерен до 40мм; дрібнозернисті – до 20мм; піщані – з найбільшим розміром зерен до 5 мм.

Асфальтові бетони можна подати як суміш асфальтового розчину і великого заповнювача; у цьому разі кількість асфальтового розчину. Щільність асфальтобетону — важлива характеристика. Звичайно пористість асфальтобетону складає — 5...7 %. Чим вище пористість, тим менше довговічність асфальтобетону, тому що при цьому зростає водопоглинання, знижується корозійна

стійкість і морозостійкість (остання є головний фактор руйнування дорожніх покриттів). Щільні асфальтобетони (пористість < 5 %) практично водонепроникні і можуть застосовуватися як гідроізоляційний матеріал.

На відміну від бетонів на мінеральних в'язучих міцність асфальтових бетонів і розчинів помітно змінюється при коливаннях температури. Так, якщо при 20° С міцність асфальтобетону складає 2,2...2,4 МПа, то при 50° С — тільки 0,8...1,2 МПа. При цьому знижується модуль пружності і зростає повзучість асфальтобетону.

Асфальтові бетони більш стійкі до корозійних впливів, ніж цементні, але бояться впливу рідкого палива і масел. Зносостійкість асфальтових бетонів вище, ніж цементних. Асфальтові бетони і розчини застосовують для верхніх покриттів доріг, аеродромів, підлог промислових будинків, плоских покрівель, стяжок, а також у гідротехніці для створення гідроізоляційних шарів і екранів і заповнення компенсаційних швів.

Технологія асфальтобетону. Для одержання пластичної зручноукладуваної асфальтобетонної суміші використовують два методи:

- нагрівання суміші до 140...170° С для повного розрідження бітуму;
- приготування суміші на рідких бітумах, гудронах (з наступним тужавінням за рахунок випару летких компонентів) чи на бітумних емульсіях (тужавіння відбувається після випару води).

Кращу якість мають «гарячі» асфальтобетони.

Укладають і ущільнюють асфальтобетонні суміші за допомогою спеціальних асфальтоукладчиків і важких ковзанок. При малих обсягах робіт можливе ручне ущільнення. Довговічність асфальтобетону багато в чому залежить від якості укладання і забезпечення його зчеплення з нижчележачими шарами; на довговічність істотно впливає також якість основи. Бетони, аналогічні асфальтовим, можуть бути отримані на *дьюгтьових в'язучих*, але їхнє використання дозволене лише для дорожніх покриттів поза населеними пунктами. Для підвищення якості асфальтобетонів бітуми модифікують полімерами (поліетиленом, поліпропіленом, синтетичними каучуками); для цієї мети раціонально використовувати вторинну полімерну сировину і промислові відходи.

Контрольні запитання

1. Які види органічних в'язучих речовин ви знаєте?
2. Які загальні властивості бітумів і дьюгтів? У чому їхня відмінність?
3. Якими властивостями характеризується марка бітуму?
4. Які марки руберойду ви знаєте? Які технічні характеристики наведені у позначенні марки руберойду?
5. Наведіть характеристики матеріалів на основі бітумних і дьюгтьових в'язучих речовин.
6. Які рулонні матеріали, вироблені на їхній основі, ви знаєте?
7. Які матеріали на основі бітумних в'язучих речовин використовують для виконання обмазувальної гідроізоляції?
8. Що таке асфальтобетон і асфальторозчин? Які матеріали використовують для їх одержання?
9. Якими властивостями характеризується якість асфальтобетонів і асфальторозчинів?

Тема 12. МЕТАЛИ Й МЕТАЛІЧНІ КОНСТРУКЦІЇ, ЗАСТОСОВУВАНІ В БУДІВНИЦТВІ

12.1. Загальні відомості

Метали – кристалічні речовини, характерними властивостями яких є висока міцність, пластичність, тепло- і електропровідність, особливий блиск. Широке використання металів у будівництві та інших галузях економіки пояснюється сполученням у них високих фізико-механічних властивостей з технологічністю. Міцність на розтяг металів практично така ж, як і на стиск. Так, міцність сталі більш ніж в 10...15 разів перевищує міцність бетону на стиск і в 100...200 разів на вигин і розтягання.

Незважаючи на унікальні міцнісні й технологічні характеристики, слід зазначити, що висока теплопровідність металів робить їх уразливими при дії вогню, отже металеві конструкції мають потребу в тепловій ізоляції. Великі збитки економіці завдає корозія металів. **Металеві сплави** – це речовини, що утворилися в результаті затвердіння рідких розплавів, які складаються з двох або декількох компонентів. У таблиці наведені фізичні й механічні властивості деяких металів.

Таблиця 12.1 - Фізичні й механічні властивості металів

Метал	Щільність, кг/м ³	Межа міцності при розтяганні, МПа	Температура плавлення, °С
Алюміній	2700	80	660
Вольфрам	19300	1100	3410
Залізо	7874	280	1539
Магній	1740	180	651
Марганець	7440	-	1245
Мідь	8960	220	1083
Нікель	8900	450	1453
Хром	7190	-	1903
Цинк	7130	80	420

12.2. Класифікація металів

Метали ділять на дві групи:

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

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

12.3. Основи технології чорних металів

12.3.1 Виробництво чавуну

Чавун одержують у доменних печах шляхом високотемпературної обробки (1900⁰C) суміші залізної руди, коксу й флюсу. Залізна руда, що є основною сировиною, крім порожньої породи містить від 30 до 70% рудних мінералів у вигляді Fe₂O₃ і Fe₃O₄. Флюси (найчастіше вапняк) необхідні для переведення порожньої породи в шлаки (коштовний техногенний відхід, який застосовується для виробництва шлакопортландцементу, як пористий заповнювач бетонів і т.д.). При згорянні коксу виділяється вуглекислий газ, потім утворюється CO, що і відновлює з руди залізо. Залізо плавиться, розчиняючи вуглець (до 5%) і перетворюючись на чавун. Виплавлені в доменних печах чавуни за призначенням підрозділяють на:

- *передільний* – для переробки в сталь;
- *ливарний* – для виробництва фасонних виливків;
- *спеціальний (доменні феросплави)*, що містять у підвищеній кількості марганець і кремній, застосовуються як добавки при виплавці сталі.

Чавуни добре стійкі проти корозії. Із ливарного чавуна виготовляють башмак під колони, тюбінги для тунелів, опорні частини залізобетонних ферм і балок, ванни, мийки, каналізаційні труби.

12.3.2. Виробництво сталі та її застосування у будівництві

Для одержання сталі використовують шихту, до складу якої входить передільний чавун, сталевий лом, а також шлакоутворюючі й легуючі речовини. Виробництво сталі – досить складний технологічний процес, що зводиться до видалення з чавуну частини вуглецю і домішок. Існує три способи одержання сталі: конвертерний, мартенівський і електроплавильний. У наш час використовують в основному киснево-конвертерний спосіб. Він полягає в продувці рідкого чавуну технічно чистим киснем у конвертері. Виплавлену сталь розливають на злитки, або переробляють у заготовки методом безперервного розливання. Сталеві злитки піддають обробці тиском з метою одержання різних сталевих виробів. Розрізняють наступні види обробки сталі тиском: прокатка, пресування, волочіння, ковка, штампування.

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

Залежно від % вмісту вуглецю розрізняють сталі:

- низьковуглецеву (до 0,25%);
- середньовуглецеву (0,25-0,6%);
- високовуглецеву (більше 0,6 %).

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

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

За призначенням вуглецеві сталі підрозділяються на *конструкційні* й *інструментальні*. Конструкційні сталі містять вуглець не більше 0,65%. Їх застосовують для виготовлення арматур залізобетонних конструкцій. У свою чергу, конструкційні сталі, які використовуються в будівництві, підрозділяють на сталі *звичайної якості*, *якісні* й *спеціальні*. **Сталь вуглецева звичайної якості** підрозділяється на групи А,Б,В. При поставці сталей групи А споживачу гарантують механічні властивості без уточнення хімічного складу. Виготовляють марки Ст 0, Ст 1 і т.д. до Ст 6. Чим більше номер сталі, тим більше в ній % вмісту вуглецю. Сталі групи Б (БСт0, БСт1, БСт3 і т.д.) поставляють із гарантованим хімічним складом. Сталі групи В – з гарантованими хімічним складом і механічними властивостями. Леговані сталі, на відміну від вуглецевих, містять ще й легуючі добавки, які підвищують якість сталі і надають їй певних властивостей. До легуючих добавок відносять : С - кремній, Х - хром, Г - марганець, Н - нікель, М - молібден, Д - мідь.

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

Для зміни фізико-механічних характеристик сталі поряд з легуванням використовують також методи термічної обробки: *загартування*, *нормалізацію*, *відпуск*. При загартуванні сталі (нагрівання до 800...1000⁰С і швидке охолодження) підвищується твердість і міцність, але знижується пластичність і ударна в'язкість. Повільне нагрівання сталі до 250...350⁰С, витримка при цій температурі з наступним охолодженням на повітрі (відпуск) знижує внутрішнє напруження, підвищує пластичність сталі, зберігаючи високу міцність. При нормалізації сталі (нагрівання з наступним охолодженням на повітрі) збільшується ударна в'язкість і пластичність. Велика кількість сталі використовується для виготовлення будівельних сталевих конструкцій – крупнорозмірних елементів будинків і споруд. Сталеві конструкції звичайно виконують із прокатних елементів різного профілю.

Сортова сталь (ДСТУ 2254-93, ДСТУ 2255-93, ДСТУ 3436-96, ДСТУ 2252-93) включає профілі масового попиту, швелери, двотаври й профілі спеціального призначення (рис. 12.1).

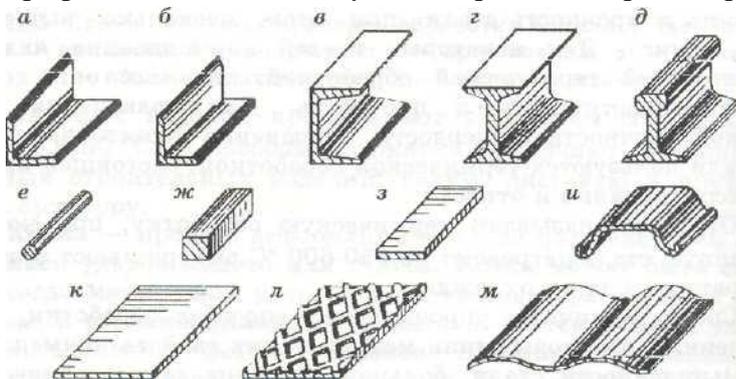


Рис. 12.1 – Прокатні вироби із сталі різного профілю: а —кутикова рівнобока; б — кутикова нерівнобока; в — швелер; г — двотавр; д — підкранова рейка; е — кругла; ж — квадратна; з —штабова; и — шпунтова паля; к — листова; л — рифлена; м — хвиляста.

Основним видом спеціального прокату для будівництва є *арматурна сталь* (ДСТУ 3760-98) у вигляді стрижнів гладкого й періодичного профілів, дроту та канатів (рис. 12.1).

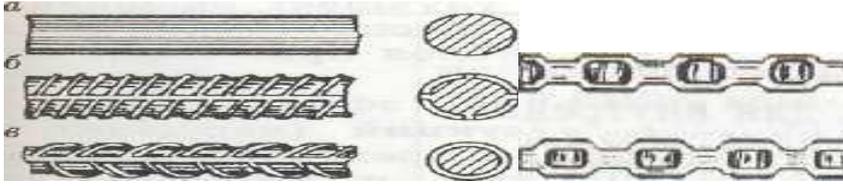


Рис. 12.2 – Види арматурної сталі:

а — гладка стрижнева; б — гарячекатана періодичного профілю, класу Л-П; в — те ж класу А-Ш; г — холоднокатана з чотирьох сторін; д — те ж з двох сторін; е — кручена.

Металочерепиця – це багатошаровий виріб, який використовується для влаштування покрівель як пластичний архітектурно-виразний матеріал. Її виготовляють з гарячеоцинкованої холоднокатаної листової сталі (прокату) товщиною 0,5 мм, покритої після пасивації та ґрунтування шаром кольорового полімерного покриття (поліестр, пурал, пластизол). Довжина панелі може бути від 500 до 8000 мм, а крок 275...450мм. Метало- черепиця відрізняється високими експлуатаційними характеристиками, у тому числі високою корозійною стійкістю, довговічністю та здатністю до пластичного деформування.

12.4. Кольорові метали і сплави

Вартість кольорових металів і їхніх сплавів у порівнянні з чорними значно вище, тому в будівництві вироби з кольорових металів застосовують рідше.

Алюміній і сплави на його основі

У чистому вигляді алюміній м'який, пластичний, добре відливається, прокочується, плавиться при температурі 657⁰С, має підвищену стійкість до корозії, високу тепло- і електропровідність. Щільність алюмінію – 2700 кг/м³, міцність на розтягнення – 90...120 МПа. У чистому вигляді застосовується для вилівки деталей, виготовлення порошкових фарб, як газоутворювач у виробництві ніздрюватих бетонів. Високоєфективний утеплювач на основі алюмінієвої фольги, здатний відбивати теплові промені. У будівництві в основному застосовують сплави алюмінію з міддю, марганцем, магнієм, кремнієм, залізом, які від чистого алюмінію відрізняються більш високою технологічністю, підвищеною міцністю і твердістю. Сплави, що складаються з алюмінію, міді, марганцю й магнію називають *дюралюмінієм*. Міцність на розтягнення таких сплавів становить 20...500 МПа. Конструкції і вироби з дюралюмінію добре себе зарекомендували при влаштуванні віконних коробок і плетінь, дверей і дверних коробок, зовнішнього облицювання будинків і виготовлення легких тришарових панелей з пінопластовим утеплювачем.

Сплав алюмінію з кремнієм (до 23%) називається *силуміном*. Міцність на розтягнення становить 200 МПа. Ці сплави мають високі ливарні якості, малу усадку і пористість, вони тверді й міцні. Основне достоїнство алюмінієвих сплавів – мала вага при досить високій міцності в сполученні з корозійною стійкістю.

Мідь і сплави на її основі

Чиста мідь – м'який, пластичний метал із щільністю 8960 кг/м³, володіє високою теплопровідністю, незначною міцністю на розтягнення 180...240МПа, температура плавлення – 1080⁰С. Мідь використовується у вигляді сплавів : латуні й бронзи.

Латунь – сплави міді з цинком(10...40%). Добре піддається прокату, штампуванню і витягуваню. У порівнянні з чистою міддю має більш високу твердість і міцність на розтягання 250...600 МПа. У будівництві застосовується в основному для декоративних цілей(поручні, накладки і т.д.) і для санітарно - технічних пристроїв.

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

Контрольні запитання

1. Що таке метали?
2. Розкажіть про сплави.
3. Які метали відносяться до чорних?
4. Які метали відносяться до кольорових?
5. Розкажіть про будову і властивості залізобіаглицевих сплавів.
6. Які основи виробництва чавуну?
7. Які основи виробництва сталі?
8. Які вам відомі вироби із сталі?
9. Що означає марка легованої сталі?
10. Які легуючі елементи покращують властивості сталі?

Розділ 13. ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ

13.1. Загальні відомості

Полімерними речовинами називають високомолекулярні сполуки, які складаються з елементарних (мономерних) ланок, об'єднаних у макромолекули різної будови. Початок широкому використанню полімерів поклав винахід целулоїду, створеного в 1845 р. на основі целюлози братами Хайет.

Пізніше, в 1872 р. німецький хімік Байер шляхом з'єднання фенолу з формальдегідом у присутності соляної кислоти синтезувала нову полімерну речовину, яка швидко завоювала популярність .На основі фенольних смол і сьогодні одержують високоміцні, хімічно стійкі, електроізоляційні вироби, що з успіхом заміняють металеві .У наступні роки було синтезовано багато нових полімерів і пластмас. Велике поширення одержали прозорі пластмаси, що заміняють тендітне скло. Найбільш придатним для цих цілей виявився поліметилметакрилат, одержуваний з ацетону, синильної кислоти й метилового спирту (органічне скло). В 1940 р. німецький хімік Мюллер і незалежно від нього руський вчений Адріанов отримали перші силіконові пластмаси, молекули яких поряд з вуглецем містять кремній. Завдяки вмісту кремнію в полімерному ланцюзі пластмаси придбали нові цінні властивості: вони відрізняються високою теплостійкістю, (до 500 °С), стійкі до дії води, кислот і органічних розчинників.

Велике поширення полімерів - одна з відмінних рис сучасного будівництва. І це, очевидно, є тільки початком грандіозного перевороту, рівного за своїм значенням великим матеріальним революціям минулого - освоєнню бронзи й заліза.

13.2. Класифікація полімерних речовин

За способом синтезу і тверднення органічні полімерні речовини поділяють на:
- **полімеризаційні**, отримані в результаті реакції полімеризації (у процесі об'єднання молекул низькомолекулярної речовини без виділення будь-яких побічних продуктів). До них відносять :поліетилен, поліізобутилен, полістирол;

- **поліконденсаційні**, отримані реакцією поліконденсації(у процесі одержання високомолекулярних сполук з одночасним відщепленням низькомолекулярних продуктів реакції. Це такі полімери, як фенолформальдегід, поліефір, епоксидний полімер, поліамід і т.д.
За складом основного ланцюга макромолекул :

- **карбонланцюгові**, молекулярні ланцюги, які складені з атомів карбону(поліетилен, поліпропілен, поліізобутилен);

- **гетероланцюгові**, до складу молекули яких, крім атомів карбону, входять атоми кисню, сірки, азоту (епоксидні, поліуретанові, поліефірні полімери);

- **елементорганічні**, до складу молекул яких входять атоми кремнію, титану, алюмінію, що не входять до складу органічних сполук.

Стосовно температурних впливів:

- **термопластичні** (поліетилен, полістирол тощо), здатні оборотно розм'якшуватися при нагріванні й затвердівати при охолодженні зі збереженням основних властивостей;

- **термореактивні** (фенолформальдегідні, карбамідні та ін), полімери, які після затвердіння при нагріванні не переходять у пластичний стан.

13.3. Склад і властивості пластмас

13.3.1. Склад пластмас

Матеріали, що містять у своєму складі полімери і мають пластичність на певному етапі виробництва, що повністю втрачається після затвердіння полімеру, називаються **пластмасами**.
Полімерна речовина - самий дорогий компонент пластмас, що є основою композиції й багато в чому визначає фізико-технічні властивості пластмас: теплостійкість, хімічну стійкість, міцність та деформативні характеристики.

Окрім полімерів до складу пластмас входять інші найважливіші складові:
- **наповнювачі** - значно зменшують витрату полімерної речовини і тим самим знижують вартість матеріалу, підвищують теплостійкість, опір розтягання. Функції наповнювачів у пластмасах виконують порошки органічного й неорганічного походження, волокна, тканини, деревний шпон;
- **ластифікатори** - підвищують еластичність полімеру, знижують крихкість;
- **стабілізатори** - сприяють збереженню властивостей пластмас у процесі експлуатації, запобігають їхньому ранньому старінню.
- **барвники** - застосовують для надання полімерній композиції декоративного вигляду. Для цих цілей використовують пігменти органічного й мінерального походження.

13.3.2. Властивості пластмас

Позитивні властивості пластмас:

- мала щільність (від 20 до 2200 кг/м³);
- високі міцнісні характеристики (від 120 до 420 Мпа);
- низька теплопровідність;

- корозійна стійкість;
- мала стиранність;
- здатність фарбуватися в різні кольори;
- можливість одержання прозорих композицій;
- технологічність;

негативні властивості пластмас:

- низька теплостійкість;
- мала твердість;
- високий коефіцієнт термічного розширення ;
- горючість із виділенням шкідливих газів;
- токсичність при експлуатації і виробництві;

13.4. Технологія виробництва пластмас

Вироби з пластмас одержують з використанням різних прийомів, при виборі яких визначальним фактором є природа полімеру й вид наповнювача. Основними прийомами переробки пластмас є:

- **пряме пресування** просоченої гарячими смолами основи(тканини, деревного шпону, паперу) у кілька шарів(листові пластики) або полімерного прес- порошку(плитка для підлог) у гідравлічних пресах, що обігривають, зазначений спосіб застосовується в основному при переробці термореактивних полімерів і композицій на їхній основі;

- **лиття протсе**, при якому рідка композиція заливається у форму й затвердіває у результаті реакції полімеризації або холодження (оргскло, плитки для підлоги та інші вироби з полікапролактаму й поліметилметакрилату);

- **лиття під тиском**, застосовують при виготовленні пластмас на основі термопластичних полімерів: полістиролу, ефірів целюлози, поліетилену. Полімер у в'язкотекучому стані під тиском впорскується у форму, охолоджувану водою;

- **екструзії** або продавлювання пластичної маси через насадку певного розміру й форми(плитуси, поручні для сходів, рейки, герметизуючі й ущільнювальні прокладки для вікон,);
- **промазки** верхньої поверхні просоченого полотна основи(паперу, тканини, склотканини) пастоподібною полімерною масою з наступним глибоким нанесенням малюнка;
- **вальцево-каландровим**, що складається з ретельного перемішування компонентів на вальцях, наступної прокатки пластичної маси між двома обертовими в різні сторони валками із зазором, що визначає товщину майбутнього виробу;

- **вспінювання** полімерної маси за рахунок інтенсивного механічного перемішування в сполученні з дією перегрітої пари з наступним швидким охолодженням, заливанням і фіксуванням пористої структури виробу (пінопласти).

13.5. Застосування полімерних матеріалів і виробів

Аналіз всіх властивостей полімерних матеріалів показав, що в будівництві економічно доцільне їх використання при виготовленні несучих конструкцій високої корозійної стійкості, покриттів підлог, обробки стін, теплоізоляції огорожень і технологічного устаткування, герметизації стиків і швів у великопанельних будинках, гідроізоляції покрівлі й фундаментної частини будинку, виготовленні санітарно-технічного встаткування і труб.

13.5.1. Конструкційні полімерні матеріали

Склопластики (ГОСТ 27389) - листові композиційні матеріали, одержувані шляхом просочення скляних волокон або тканин (армуючих компонентів) полімером. Склопластикова арматура має високу міцність, є хімічною стійкістю. Зв'язувальною речовиною у склопластиках служать феноло-формальдегідні, поліефірні й епоксидні полімери. Отримують три види склопластиків:

- склопластики з орієнтованими волокнами(СВАМ), ефективність яких полягає в сполученні низької щільності ($1800-2000\text{кг/м}^3$) , високої хімічної стійкості й міцності при розтяганні(до 1000 МПа, межа міцності при стиску-420 МПа;
- склопластики з рубаним скляним волокном, що володіють світлопрозорістю, застосовуються для покрівель, огорожень лоджій і балконів;
- склопластики на основі склотканини(склотекстоліти)одержують шляхом просочення полотен тканини термореактивними полімерами способом гарячого пресування при високій температурі й тиску.

Склопластики застосовують для виготовлення пневматичних конструкцій, твердих оболонки, до достоїнств яких відносять технологічну інваріантність (можуть мати як позитивну, так і негативну кривизну поверхні). Прольоти, які перекривають такими оболонками можуть досягати 90-110 м, маса 1 м^2 покриття становить 7-20 кг. Пневматичні оболонки застосовують для покриття ринків, спортивних залів.

Полімербетон являє собою композиційний матеріал, що складається з високомолекулярних смол ,дрібною й великою заповнювача, тонкомолотого наповнювача й добавок. Сполучними в полімербетоні можуть бути: фуранові, поліефірні, епоксидні полімери. Одержують шляхом інтенсивного перемішування підігрітих заповнювачів, смол і добавок з наступним зануренням у форму, ущільненням і витримкою при температурі до 100^0 . Заповнювачі вибирають залежно від умов експлуатації. Полімербетон - єдиний матеріал ,що успішно працює в цехах хімічної, харчової, целюлозної промисловості, забезпечуючи корозійну стійкість несучих і самонесучих конструкцій. Від звичайного бетону полімербетон відрізняється не тільки хімічною стійкістю, але й високими показниками міцності: при стиску - 60-120 МПа, при розтяганні - 7-40 МПа, морозостійкість - 200-300 циклів, але його вартість у кілька разів вище цементних. Застосування полімербетону доцільно там , де його вартість буде виправданою. **Бетонополімер** одержують просочуванням звичайного важкого бетону на глибину 1-3 см мономерами у спеціальних герметичних камерах під тиском. Монеомери полімеризуються в порах бетону, тим самим забезпечуючи високу щільність і корозійну стійкість конструкцій.

13.5.2. Опоряджувальні полімерні матеріали

Лицювальна полістирольна плитка являє собою квадрати або прямокутники товщиною 1,25-1,5 мм з гладкою й рельєфною поверхнею, одержувані методом лиття під тиском. До складу композиції входять: полімер, наповнювач (тальк, каолін), пігмент. До достоїнств даного полімеру слід віднести гігієнічність, водостійкість і хімічну стійкість, а також різноманітний декоративний вигляд.

Застосовують для лицювальних робіт торговельних і санітарно-технічних приміщень.

Оздоблювальні полістирольні плитки (дістали назву «**поліформ**»). Одержують шляхом вспінювання полістирольної маси з наступним швидким охолодженням. Товщина панелей 8-10 мм. Застосовують для внутрішнього облицювання стель, стін та інших елементів інтер'єра. **Паперово-шаруватий пластик** являє собою композицію, що складається з декількох шарів спеціального паперу, просочених феноло-формальдегідною або карбомідною смолою. Випускають у вигляді листів з наступними стандартними розмірами: довжина - 1000-3000 мм, ширина - 600-1600 мм, товщина 1-5 мм. Цей вид матеріалу технологічний, тому що легко піддається розпилюванню, свердлінню, різноманітний за кольорами і рисунком. Застосовується як облицювальний матеріал.

13.5.3. Полімерні матеріали для покриттів підлог

Покриття підлог із полімерних матеріалів гігієнічні, еластичні, зносостійкі, тепло- та звукоізоляційні, довговічні.

Безшовні монолітні покриття застосовують у промислових будинках, де необхідна підвищена корозійна стійкість, а також де представляються вимоги до гігієнічності й безпильності покриття. Як правило, покриття складається з двох шарів: перший шар виконують із полімербетону, другий - з мастики або полімеррозчину. Товщина покриттів 20-50 мм здатна витримувати навантаження, створювані при русі внутріцехового транспорту. Для виготовлення полімеррозчину й полімербетону застосовують фенолоформальдегідні, епоксидні, фуранові полімери.

Лінолеуми (ДСТУ Б А 1.1.-18-94) - рулонні матеріали для покриття підлог, зручні завдяки пружності, низькій теплопровідності, гігієнічні, декоративні, заглушають шум кроків. Якість лінолеумів оцінюється за трьома показниками: пружністю, твердістю й стираністю. По виду застосовуваної сировини лінолеуми підрозділяють на: **полівінілхлоридні (ПВХ), гумові й алкідні**. Для виробництва **ПВХ лінолеуму** як основу використовують джутову тканину, склотканину, склосітку. Методом екструзії, вальцово - каландровим методом одержують безосновний, одно - і багатошаровий лінолеуми. Полотна лінолеуму зварюють струмами високої частоти, гарячим повітрям для одержання килиму заданого розміру. Застосовують для покриттів підлог житлових, громадських і промислових будинків при середній інтенсивності рухів. **Гумовий** лінолеум (релин) виготовляють на основі синтетичного каучука, наповнювачів і добавок. У масовому житловому будівництві використовується обмежено, але добре себе зарекомендував для покриттів підлог тваринницьких, медичних установ. Випускається як одношаровим так і багатошаровим на теплозвукоізоляційній основі.

Алкідний лінолеум служить для влаштування підлог у житлових, дитячих ,лікарняно – профілактичних і виробничих будівель.

Плитки для підлог (ГОСТ16475) виготовляють із полівінілхлориду, каучуків, регенованої гуми і фенопластів. Порівняно з рулонними матеріалами плитки мають краще зчеплення з основою, створюють потрібний візерунок підлоги; легко замінюються під час ремонту, при укладанні не дають відходів.

13.5.4. Теплоізоляційні полімерні матеріали

Полімерні теплоізоляційні матеріали класифікують за структурою, формою, видом основної сировини, середньою щільністю, теплопровідністю та стискуваністю (ГОСТ 16381). Полімерні матеріали, що мають ніздрювату структуру, яка може бути представлена системою ізольованих пор, називають *пінопластами*, сполучених пор – *поропластами*, а регулярно повторюваних порожнин – *сотопластами* (рис. 13.1.)

Їхня частка в загальному обсязі теплоізоляційних матеріалів досягає 20 %. Вони відрізняються високими експлуатаційними характеристиками, довговічними й технологічними. За зовнішнім виглядом й способом застосування газонаповнені пластмаси можуть бути у вигляді штучних виробів (в основному плит) і у вигляді рідко-грузлих матеріалів, що впучуються і затвердівають на місці застосування (заливальні пінопласти, монтажні піни). **Пінопласти** — **листові й фасонні вироби** одержують вспінюванням різних полімерів: полістиролу, полівінілхлориду, поліетилену, фенольних полімерів та ін. *Пінополістирол* — найбільш відомий вид будівельних пінопластів. З нього одержують крупнорозмірні плити товщиною до 100 мм. Марки за щільністю (кг/м^3) пінополістирола D15...D50; теплопровідність — 0,03...0,04 Вт/(м • С); теплостійкість 80...90°C Пінополістирол - горючий матеріал, однак за допомогою антипіренів одержують важкогорючий пінополістирол.

Пінополівінілхлорид — матеріал у вигляді плит, за методом одержання і структурою аналогічний пресовому пінополістиролу. Щільність пі-нополівінілхлориду 35...70 кг/м^3 , теплопровідність - 0,04...0,054 Вт/(м • ДО). Теплостійкість пінополівінілхлориду — 130...140° С; горючість значно нижче, ніж у пінополістиролу.

Заливальні пінопласти — рідкогрузлі олігомірні смоли, що заливають у пазухи, залишені в ізольованій конструкції, що спучуються і затвердівають в них. *Фенольний пінопласт* — один з перших пінопластів. Він поставлявся на місце використання у двох упаковках (смола з газоутворювачем і затверджувач), які змішують безпосередньо перед заливанням. У якості газоутворювача застосовується алюмінієва пудра, а кислотний затверджувач, крім своєї основної ролі, реагуючи з алюмінієвою пудрою, виділяє газоподібний водень. Фенольні пінопласти тверді й теплостійкі; добре зчіплюються в момент затвердіння з іншими матеріалами. Використовуються при виробництві *тришарових легких панелей* типу «сендвіч»: два металевих листи, між якими укладений пінопласт.

Контрольні запитання

1. Що таке пластмаси? Назвіть основні компоненти пластмас.
2. Перелічіть основні позитивні й негативні властивості пластмас.
3. Яка роль наповнювачів у пластмасах?
4. Які основні методи одержання виробів із пластмас?
5. Перелічіть основні області застосування пластмас. Обґрунтуйте свою відповідь.
6. Склопластики. Яка роль компонентів у цьому матеріалі?
7. Які полімерні матеріали для підлог ви знаєте?
8. Які опоряджувальні полімерні матеріали вам відомі?

Тема 14. ШТУЧНІ МАТЕРІАЛИ Й ВИРОБИ НА ОСНОВІ МІНЕРАЛЬНИХ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН

14.1 Матеріали й вироби на основі портландцементу

Вироби бетонні стінові дрібноштучні (ДСТУ Б В 2.7.-7-94) поділяють на цеглу, каміння і блоки повнотілі й порожнисті, рядові й лицьові. Виготовляють ці вироби вібраційним методом або вібропресуванням.

За середньою щільністю вироби поділяють на:

- легкі (середня щільність до 1400 кг/м³);
- полегшені (середня щільність 1400...1650 кг/м³);
- важкі (середня густина більше 1650 кг/м³).

За міцністю при стиску вироби поділяють на марки: М 10; М 15; М 25; М 35; М 50; М 75; М 100; М 125; М 200.

За морозостійкістю бетонні дрібноштучні вироби поділяють на марки: F 15; F 25; F 35; F 50.

Плити бетонні тротуарні (ГОСТ 17608) виготовляють із важкого й дрібнозернистого бетонів, застосовують для влаштування збірних покриттів тротуарів, пішохідних зон, садово-паркових доріжок. Плити мають різну форму: прямокутну, квадратну, фігурну. Для виготовлення плит застосовують бетон класів В 22,5; В 25; В 30; В 35. Основними показниками якості бетонних тротуарних плит є стирання (не більше 0,6 г/см²), водопоглинення (не вище 5%) та морозостійкість (F 100; F 150; F 200).

Фігурні елементи брукування (ФЕБ) (ГОСТ 17608) для дорожніх покриттів мають різноманітну форму і колір, що розширює дизайнерські можливості при втіленні нових архітектурних рішень. Фігурні елементи отримують за технологією лиття або об'ємного вібропресування.

Декоративні фасадні плитки (ГОСТ 6927) виготовляють на основі екологічно чистих модифікованих бетонних сумішей. До складу суміші входять білі цементи, пластифікатори, барвники, дрібний декоративний заповнювач. Плитку можна застосовувати одночасно з утеплювачем, вона у 5 разів легша за цеглу, вигідна при доставці та складуванні. Технологія виготовлення дозволяє одержувати плитки для фасадів, що імітують натуральний камінь, а за різноманітністю фактур, кольорів та відтінків переважають його. Під час експлуатації така плитка захищає споруди від дії атмосфери, вогню, грибкових утворень.

Черепиця бетонна (ДСТУ Б В 2.7.-6-94) випускається із дрібнозернистого бетону хвилястою, плоскою, гребневою. Для виготовлення бетонної суміші застосовують поряд із звичайним білим та кольоровим портландцементами також *шлаколузні*. Пофарбовану черепицю отримують з використанням барвників: оксиду хрому, залізного сурика.

Бетонну черепицю використовують для покрівель житлових, громадських та виробничих будівель з кутом нахилу від 15 до 90⁰. Довговічність даху з бетонної черепиці становить близько 100 років. Недоліком бетонної черепиці є відносно велика маса: 1м² покриття важить 40...50 кг.

14.2. Азбестоцементні вироби й конструкції

Азбестоцемент – штучний композиційний кам'яний будівельний матеріал, отриманий у результаті затвердіння суміші, що складається з цементу, азбесту (10-20% від маси цементу) і води.

До основних показників якості азбестоцементних виробів відносяться: висока міцність,

вогнестійкість, довговічність, мала водонепроникність, теплопровідність і електропровідність. Початок промислового виробництва азбестоцементних виробів пов'язаний з ім'ям чеського винахідника Людвіга Гачека, який вмістивши в паперновиробну машину масу, що складається з азбесту, цементу і води, вперше одержав новий будівельний матеріал. Зазначена подія відноситься до початку ХХ ст. У Росії азбестоцементне виробництво було організовано в 1908 р. у м. Брянську.

Сировинними матеріалами для виготовлення азбестоцементних виробів є: - Портландцемент, який в азбестоцементній композиції виконує функції в'язучого. Застосовують портландцемент марок 400 і 500, а також піщанистий портландцемент (якщо твердіння виробу здійснюється в автоклаві), білий і кольоровий цемент (якщо виріб має декоративне призначення). До мінералогічного складу цементу, з метою підвищення морозостійкості виробів, ставляться вимоги, що обмежують вміст трикальцієвого алюмінату до 8%. Перевага віддається алітовому цементу (вміст трикальцієвого силікату не менше 52%).

Піщанистий цемент одержують спільним помелом портландцементного клінкера, гіпсу і кварцового піску (45%). В'язучі матеріали, застосовувані для виробництва азбестоцементу, повинні мати велику питому поверхню ($2900-3600 \text{ см}^2/\text{г}$).

- Азбест (від грець. asbestos – що не руйнується) – природний тонковолокнистий матеріал, що складається з водяних чи безводних силікатів магнезії. Утворився в результаті дії геотермальних вод на основні магматичні гірські породи. 95% світового видобутку азбесту приходить на хризотил-азбест – гідросилікат магнезії $3\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{H}_2\text{O}$. Елементарні кристали хризотилу-азбесту – найтонші трубочки діаметром у соті частки мікрометрів до механічної обробки, і 10...100 мкм – після розпушки.

Хризотилевий азбест володіє високою адсорбційною здатністю, тому його волокна добре зчіплюються з цементними в'язучими. Крім високої міцності на розрив (600-800 МПа, що порівняне з кращими марками сталі), азбест має унікальне поєднання цінних властивостей: низькою теплопровідністю (0,35...0...0,41 Вт/м. $^{\circ}\text{C}$), стійкістю до підвищених температур (нагрів до 400...500 $^{\circ}\text{C}$), високим коефіцієнтом тертя. При введенні гнучких волокон у цемент (10-20%) дозволяє в 3-5 разів збільшити міцність цементного каменю при розтяганні, а також стійкість до ударних впливів. Товарний азбест роблять 8-ми сортів (від 0 до 7) і 42 марок. Сорт азбесту тим вище, чим більше середня довжина волокна.

Азбестоцемент при порівняно невеликій щільності (1600...2000 кг/м 3) має високі міцнісні показники (межа міцності при вигині до 30 МПа, при розтяганні – до 90 МПа). Він довговічний, морозостійкий (більше 50 циклів) і практично водонепроникний.

До недоліків слід відносити крихкість, набрякання і усадку при зміні вологості азбестоцементу, що супроводжується коробленням.

Виготовлення азбестоцементних виробів. Залежно від витрати води, використовуваної для приготування азбестоцементної суміші, розрізняють три способи виготовлення азбестоцементних виробів:

- мокрий, при якому виріб формують із суспензії азбесто-цементу (8-16%) і води (92-84%);
- напівсухий, при якому виріб одержують з концентрованої маси із вмістом води 20-40%;
- сухий, при якому виріб виготовляють зі зволоженої азбестоцементної суміші з вмістом води 12-16%.

Технологія виготовлення азбестоцементних виробів включає наступні технологічні операції: приготування шихти азбесту, розпушування азбесту, змішування його з цементом і водою, формування виробів, їхнє твердіння, механічна обробка виробів. **Приготування** шихти являє собою змішання декількох сортів азбесту (3, 4, 5 і 6 сортів з довжиною волокон від 0,3 до 10 мм) для забезпечення високої щільності і водоутримуючої здатності азбестоцементної маси. Залежно від способу виробництва здійснюється в різних пристроях. При мокрому способі виробництва – у турбозмішувачах, при сухому і напівсухом – спочатку в змішувачі сухих компонентів, потім у бетонозмішувачі циклічної дії. **Розпушування** азбесту здійснюється в гідророзпушувачах чи голлендерах при мокрому способі, в дезінтеграторах при всіх способах виробництва. Зазначена технологічна операція необхідна для розщеплення азбесту на окремі волокна.

Формування азбестоцементних виробів полягає у відфільтруванні води з азбестоцементної маси до необхідного ущільнення і додання їй заданих форм і розмірів шляхом пресування чи хвилястості на пресах і безпрокладочних хвильоровщиках.

Твердіння азбестоцементних виробів проводять у дві стадії. Перша стадія (попереднє твердіння) забезпечує подальше внутрішньозаводське транспортування виробів. Її тривалість – 6-8 годин. Виріб набирає міцність у пропарювальних камерах при температурі 50-60⁰С. Друга стадія (остаточне твердіння) виконується у закритих приміщеннях (теплих складах) протягом 7 діб, якщо виріб виконаний на портландцементі, і в автоклавах, якщо для виготовлення застосовувався піщанистий цемент.

Механічна обробка являє собою обрізку крайок листів, обрізку труб по торцях, обточування кінців і т.д. Ці види обробки виконують після остаточного твердіння виробів. Залежно від призначення азбестоцементні вироби поділяють на: покрівельні, стінові, декоративні, погонажні, спеціальні;

Хвилясті покрівельні листи (шифер) (ДСТУ Б В 2.7.-53-96) – основний вид листових азбестоцементних виробів. У загальному обсязі виробництва покрівельних матеріалів складає 50%. Покрівельні листи випускають 6 типорозмірів: довжиною – 1,2...2...2,5 м; шириною 0,69...1...1,15 м; товщиною 5,5...7...7,5 мм. Довговічність шиферної покрівлі – 50 років. Останнім часом випускають листи, пофарбовані атмосферостійкою фарбою, що імітують дрібноштучну черепицю.

Азбестоцементні плоскі плити (ДСТУ Б В 2.7-52-96) призначені для виготовлення і облицювання будівельних конструкцій. Випускають розмірами: довжина – 3600, 3000, 2500 мм; ширина – 1500, 1200 мм; товщина – 10, 8, 6 мм.

Панелі (плити) азбестоцементні тришарові з обшивками із плоских азбестоцементних листів з утеплювачем із пенопласту (ГОСТ 24581).

Застосовують для стін, покриттів і підвісних стель виробничих будівель, які експлуатуються в неагресивних і слабкоагресивних середовищах. Довжина панелей досягає 6000 мм, ширина – до 1500, товщина змінюється від 60 до 200 мм.

Екструзійні панелі застосовують для пристрою безгоризонтних покриттів промислових будинків під рулонну покрівлю. Панелі мають ширину 595 мм, довжину 3000 мм для покриттів, 3000 і 6000 мм для стін і перегородок, висоту – 120 мм для покриттів і стін, 60 та 80 мм для

перегородок.

До *погонажних* азбестоцементних виробів відносять швелери, підвіконні плити, зливи. *Азбестоцементні труби* – перспективний вид труб самого широкого призначення, що володіє рядом цінних властивостей. Вони не піддаються корозії, як метал, значно легше його і не схильні до обростання. Випускають безнапірні й напірні труби, що відрізняються товщиною і міцнісними показниками. *Безнапірні труби* (діаметр 100 і 150 мм, довжина – 3...6...6 м) застосовують для ненапірних каналізацій, димоходів, при прокладці кабелів, дренажних колекторів, нафто- і газопроводів. *Напірні труби* (діаметр 100...100 мм, довжина-1,5...6...6 м) використовують для водо- і газопостачання, вентиляції, колодязів і сміттєпроводів. Такі труби особливо ефективні для прокладки теплотрас.

14.3. Матеріали й виробни на основі вапняних в'язучих речовин

Силікатна цегла (ДСТУ Б В 2.7.-80-98). При виготовленні силікатної цегли, як вихідну сировину застосовують вапно, кварцовий пісок, який виконує функції дрібного заповнювача і в'язучої речовини. При виробництві перемішана зволожена суміш цих матеріалів знаходить до силосів, де її витримують до полного гашення вапна протягом 1...4 год. Пресування виробів відбувається на гідравлічних пресах під тиском 15...20 Мпа із формувальної суміші (вологість 5...9%), що містить 92...94% кварцового піску і 6...8% повітряного вапна. Твердіння відформованих виробів відбувається у середовищі насиченої водяної пари в автоклавах при тиску 0,8...1,6 МПа і температурі 175...200⁰С. Увесь цикл автоклавної обробки становить 8...12 год. Автоклавна обробка дозволяє створювати специфічні умови твердіння матеріалів. У цих умовах відбувається реакція взаємодії між гідроксидом кальцію та кремнеземистим компонентом за схемою:



Синтезовані гідросилікати кальцію різного складу відіграють роль цементуючої речовини, яка зв'язує зерна заповнювача в міцний і водостійкий штучний камінь. Стандартом передбачено випуск одинарної (250x120x65 мм), повтореної (250x120x88 мм) силікатної цегли чи порожнистих каменів (250x120x138 мм).

За міцністю силікатну цеглу і камені поділяють на марки: М 75; М 100; М 125; М 150; М 175; М 200; М 250; М 300.

За морозостійкістю силікатну цеглу і каміння поділяють на марки F 15; F 25; F 35; F 50; Застосовують силікатну цеглу й каміння для зведення кам'яних і армо- кам'яних конструкцій у надземній частині будівель з нормальним та вологим режимами експлуатації. Не можна застосовувати силікатну цеглу для влаштування фундаментів і цоколів нижче гідроізоляційного шару, які зазнають впливу ґрунтових і стічних вод. Під час тривалої дії високих температур (понад 500⁰С) силікатна цегла руйнується внаслідок дегідратації гідросилікатів кальцію, тому вона не придатна для мурування печей.

Вапняно-шлакову цеглу (ДСТУ Б В 2.7-36-95) виготовляють із суміші вапна і гранульованого металургійного шлаку. Кількість вапна у суміші за об'ємом становить 3...12%, шлаку - 88...97%. Замінюючи шлак паливною золою ТЕС, виготовляють вапняно-золяну цеглу. Вапняно-золяну та вапняно-шлакову цегли отримують за технологією виробництва силікатної цегли і використовують при зведенні стін будинків висотою не більше трьох поверхів.

14.4. Матеріали й вироби на основі гіпсових в'язучих речовин

Каміння стінові (ДСТУ Б В 2.7.-36-95) виготовляють на основі гіпсових чи змішаних в'язучих речовин. За габаритними розмірами каміння стінові можуть бути цілими (390 X 190 X 188 мм) , половинками (390 X 90 X 188мм) й перегородковими (590 X 90 X 188 мм). Залежно від міцності при стиску (Мпа) стінові каміння поділяють за марками: М3,5; М5,0; М7,5; М 10; М 12,5; М15.

Застосовують каміння для внутрішніх стін із відносною вологістю повітря до 60%, а також для мурування зовнішніх стін малоповерхових будівель.

Гіпсокартонні листи («суха штукатурка») (ДСТУ Б В 2.7.- 95-2000) - листовий оздоблювальний матеріал, що складається з тонкого шару затверділої гіпсової в'язучої речовини, вкритої з обох сторін картоном і міцно з'єднаної з ним. Залежно від властивостей та області застосування листи розподіляють на такі види: звичайні (ГКЛ) ; вологостійкі (ГКЛВ); з підвищеним опором впливу відкритого полум'я (ГКЛВП) . Вологостійкий матеріал виготовляють з добавкою гранул силікону, а вогнестійкий - з добавкою скловолокна. Виробництво гіпсокартонних листів складається з таких операцій: виготовлення гіпсобетонної суміші; подавання й розподіл її на нижньому шарі картону; накладання верхнього шару картону на гіпсове осердя; прокатування тришарового виробу між формувальними валками; сушіння листів та складування. Довжина гіпсокартонних листів 2000...4000мм, ширина - 600 та 1200мм, товщина - 6,5...24мм.

14.5. Матеріали й вироби на основі магнезійних в'язучих

Матеріали та вироби на основі магнезійних в'язучих виготовляють, змішуючи, формуючи і висушуючи суміш каустичного магнезиту чи доломіту, заповнювача та розчину хлориду чи сульфату магнію. Як органічні заповнювачі використовують відходи деревини: стружку, тирсу чи деревну вовну. При твердінні магнезійних в'язучих утворюється оксихлорид магнію, який забезпечує збереженість органічних заповнювачів у готових виробках під час експлуатації їх.

Завдяки невеликій густині органічних заповнювачів матеріали та вироби на основі магнезійних в'язучих мають високі тепло- та звукоізоляційні властивості. Ці матеріали легко піддаються обробці.

Найпоширенішими матеріалами цієї групи є фіброліт та ксилоліт.

Фіброліт — це матеріал, виготовлений з деревної вовни чи стружки, зв'язаної магнезійними в'язучими композиціями.

Використовують фібролітові плити як акустичні або теплоізоляційні виробки для утеплення стін, підлог, покриттів, для заповнення багат шарових стін, перегородок, перекриттів каркасних будівель.

На основі фібролітової суміші виготовляють також фібролітову фанеру, яку використовують як «суху штукатурку».

Ксилоліт одержують внаслідок твердіння суміші тирси, магнезійної в'язучої речовини та розчину хлориду магнію. Іноді до складу суміші додають азбест, трепел, кварцовий пісок та барвники.

Ксилолітову масу готують ретельним перемішуванням сухих заповнювачів, каустичного магнезиту, добавок із наступним замішуванням водним розчином хлориду магнію. Щоб зменшити гігроскопічність матеріалу, додають розчин сульфату магнію. Отриману масу використовують для влаштування підлог чи для виготовлення плит.

Ксилолітові підлоги теплі, безшумні, зносостійкі, мають непоганий декоративний вигляд, добре забарвлюються.

Завдяки високій міцності й незначній стиранності ксилолітові підлоги можна застосовувати у промисловому, житловому та цивільному будівництві: на текстильних фабриках, харчових, виноробних та консервних виробництвах; у приміщеннях з інтенсивним рухом - вестибюлях клубів, кінотеатрів, їдалень, у коридорах шкіл, дитячих садків, лікарень. Особливо ефективно застосовувати ксилолітові підлоги у вибухонебезпечних приміщеннях, де потрібні антистатичні підлоги.

Ксилолітові підлоги за своїми властивостями наближаються до дерев'яних, їм притаманна властивість «дихати», яка обумовлює комфортність приміщення завдяки регулюванню відносної вологості повітря. На відміну від дерев'яних підлог, ксилолітові мають ряд переваг: вони неспалімі (витримують температуру до 1000°C); мають високу адгезію до будь-якої нижче розташованої основи, а також - до різних лаків і фарб; відрізняються низькою стиранністю. Ці підлоги не пліснявіють та не гниють, перешкоджають появі шкідливих мікроорганізмів, оскільки до складу магнезійної в'язучої речовини входить бішофіт та магнезит.

Ксилолітові підлоги не можна влаштовувати на сипких та хитких основах, вони не повинні торкатися сталевих труб та деталей, оскільки це призводить до корозії останніх.

Контрольні запитання

1. Що таке азбестоцемент, які матеріали його складають?
2. Які азбестоцементні вироби та конструкції вам відомі?
3. Назвіть матеріали й вироби на основі вапняних в'язучих?
4. Які матеріали й вироби на основі гіпсових в'язучих вам відомі?

Тема 15. ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ Й АКУСТИЧНІ МАТЕРІАЛИ

15.1 Загальні відомості про теплоізоляційні матеріали

Будівельні матеріали для теплової ізоляції огорожувальних конструкцій будівель, промислового та енергетичного обладнання й трубопроводів теплоізоляційними називають. Такі матеріали мають низьку теплопровідність [не більше 0,18 Вт/(м·°C)] і невелику щільність (не вище 600 кг/м³). Застосування теплоізоляційних матеріалів є одним з найважливіших напрямків технічного прогресу в будівництві. При цьому з'являється можливість різко знизити масу конструкцій і витрати на спорудження будівель, раціонально використовувати енергетичні ресурси.

Застосування в будівництві цегляних стін з полегшених ефективними утеплювачами замість суцільної цегляної кладки дозволяє 2...2,5 рази скоротити потреба в цеглі, цементу і вапна, в 3 рази знизити масу конструкцій, транспортні витрати до 30 % знизити вартість стін.

Теплоізоляційні матеріали дозволяють створити легкі стінові панелі, конструкції легких покриттів. Це дає можливість підвищити ступінь індустріалізації будівельних робіт.

Досить ефективним є використання теплоізоляційних матеріалів для ізоляції теплових агрегатів, технологічної апаратури і трубопроводів. Питома вага теплоізоляційних робіт житлово-цивільному будівництві становить близько 1 %, в промисловому будівництві він зростає до 1,8 %, у тому числі в будівництві електростанцій та нафтохімічних об'єктів - до 2,5...3 %. Застосування теплоізоляційних матеріалів в цьому випадку дозволяє знизити витрату палива за рахунок зменшення тепловтрат, а в ряді випадків інтенсифікувати технологічні процеси, поліпшити умови й підвищити продуктивність праці. Дуже важливо використання теплоізоляційних матеріалів у різних холодильних установках для зниження втрат холоду, так як вартість отримання одиниці холоду приблизно в 20 разів вище вартості отримання відповідної одиниці теплоти.

Важливою характеристикою теплоізоляційних матеріалів є теплопровідність, за величиною якої їх поділяють на три класи: малотеплопровідні - клас А [менше 0,058 Вт/(м·°С)]; середнетеплопровідні - клас Б [0,058...0,116 Вт/(м·°С)]; підвищеної теплопровідності - клас У [не більше 0,18 Вт/(м·°С)].

Внаслідок складності визначення теплопровідності на практиці теплоізоляційні матеріали зазвичай класифікують по щільності, значення якої з відомим ступенем наближення дають уявлення про теплопровідності матеріалу. Всі теплоізоляційні матеріали по щільності (кг/м³) ділять на особливо легкі (ОЛ), мають марки: 15, 25, 35, 50, 75, 100; легкі (Л) - 125, 150, 175, 200, 250, 300 і важкі (Т) - 400, 450, 500, 600. Матеріал, що має середню густину, що не співпадає з показниками марок, відноситься до найближчої більшої марці.

По виду вихідної сировини теплоізоляційні матеріали можуть бути: неорганічні (мінеральні і скляна вата, комірчасті бетони, матеріали на основі азбесту, керамічні та ін) і органічні (деревноволокнисті та деревностружкові плити, очерет, торф'яні плити, матеріали з пластмас і ін). Виготовляють також комбіновані матеріали, складаються з неорганічної та органічної сировини (фібrolіт, арболіт, мінеральні волокна з органічним "сполучною).

По зовнішньому вигляду і формі теплоізоляційні матеріали ділять на сипучі і штучні. Сипучі матеріали являють собою пухкі маси порошкоподібного, зернистого або волокнистої будови. В сухому вигляді їх використовують для засипання в порожнині стін, міжповерхових перекриттів (мінеральна вата, керамзитовий гравій). Деякі порошкоподібні матеріали затвор-ряют водою і у вигляді мастик наносять на ізольовану поверхню трубопроводів і гарячого обладнання (асбозурит, совелит тощо). Штучні матеріали мають форму і носять назву теплоізоляційних виробів. Їх випускають у вигляді плит, листів, блоків, цегли, фасонних виробів (сегменти, шкаралупи), повсті, матів, рулонів, шнурів та інших виробів. Застосування штучних виробів для теплоізоляції дозволяє поліпшити якість теплоізоляційних огорож, знизити трудові витрати, вартість і підвищити рівень індустріалізації будівельних робіт порівняно з використанням засипок або мастичної ізоляції.

В залежності від жорсткості (відносної деформації стиснення) під питомою навантаженням 2 кПа теплоізоляційні матеріали ділять на м'які М (стисливість більше 30 %), напівжорсткі ПЖ - відповідно 6...30 %, жорсткі Ж - менше 6 %, підвищеної жорсткості - до 10 % (при питомому навантаженні 4 кПа) і тверді - також до 10 % (при питомому навантаженні 10 кПа).

За характером застосування розрізняють матеріали, що використовуються для ізоляції конструкцій, що знаходяться в звичайних температурних умовах (будівельні теплоізоляційні матеріали), і для ізоляції гарячих поверхонь (монтажні теплоізоляційні матеріали). Деякі теплоізоляційні матеріали придатні як для утеплення будівельних конструкцій, так і для ізоляції гарячих поверхонь (мінеральна і скляна вата, піноскло, комірчасті бетони та ін).

15.2. Будова і властивості теплоізоляційних матеріалів

З усіх середовищ, не рахуючи безповітряного простору, самої малою теплопровідністю володіє повітря, особливо коли він укладений в порах матеріалу, тобто малорухливий [0,023 Вт/(м·°С)]. Якщо великі пори і тим більше сполучені між собою і зовнішнім середовищем, то відбувається конвекційне пересування повітря і теплопровідність матеріалу збільшується. Тому матеріали для теплової ізоляції виготовляють високопористими і по можливості дрібнопористими, а отже, і легкими. При цьому межпорове простір, займане твердим речовиною («каркас»), прагнуть створювати з речовин, мають аморфне, а не кристалічну будову, так як матеріали склообразного будови менш теплопровідні, ніж кристалічного. Зазвичай **пористість теплоізоляційних матеріалів** понад 50 %, а деякі найбільш ефективні теплоізоляційні матеріали, наприклад комірчасті пластмаси, як би побудовані з повітря (пори займають 90...98 %, а стінки пор - всього лише 2...10 % від загального обсягу). Теплоізоляційні матеріали можуть мати пористу, зернисту, волокнисту і пластинчасте будова. Необхідну пористість створюють різними технологічними прийомами.

Для матеріалів пористого будови характерні однорідні і рівномірно розподілені пори, форма яких близька до сферичної. Для отримання матеріалів пористого будови (ніздрюваті бетони, піноскло, газонаповнені пластмаси тощо) використовують способи газовиділення і піноутворення.

Зернисту будову мають сипучі матеріали. Пористість сипучої маси залежить від її зернового складу. Чим однорідніше за формою і розмірами зерна, тим більше просвіти між ними і тим вище пористість матеріалу в насипному вигляді. При виготовленні сипучих порошкоподібних теплоізоляційних матеріалів застосовують механічне дроблення і помел вихідної сировини, отримуючи продукт з приблизно однаковим розміром зерен.

Волокнисту будову притаманне матеріалів з мінерального або органічного волокна (азбесту, мінеральної та скляної вати, рослинних волокон та ін). Основним способом отримання високопористого будови для таких матеріалів є створення волокнистого каркаса з тонкими повітряними прошарками, що розділяють волокна.

Органічні волокна отримують механічним розщеплення деревини або іншої рослинної сировини. Мінеральне волокно отримують шляхом розплавлення неорганічного сировини з подальшим перетворенням розплаву в волокна.

Пластинчасте будова характерно для матеріалів, містять у своєму складі листочки слюди, які попередньо при швидкому нагріванні спучуються за рахунок відщеплення у слюди зв'язаної води (спучений вермикуліт).

Спосіб високого водозатворення іноді використовують для отримання пористої структури. У формувальну масу (наприклад, з трепелу або діатоміту) додають завідомо багато води, яка видаляється в процесі сушіння і випалу виробів, залишаючи замість себе пори. Цей спосіб поєднується з введенням вигоряючих добавок при виробництві теплоізоляційних керамічних виробів.

Пористість визначає основні властивості теплоізоляційних матеріалів: щільність, теплопровідність, міцність, газопроникність та ін. Важливе значення має рівномірне розподілення повітряних пор у матеріалі і характер пір, а також хімічний склад і молекулярне будова каркаса і умови застосування теплоізоляційного матеріалу.

Теплопровідність є головною характеристикою теплозахисних властивостей матеріалу. На практиці зручно судити про теплопровідності по щільності сухого матеріалу. Однак ця залежність (11.1) наближена, оскільки не враховує вплив хімічного складу та молекулярної будови матеріалу і

характер пористості. При однаковому або близькому хімічному складі теплопровідність матеріалів, що мають кристалічну будову, вище, ніж матеріалів аморфного і змішаного будови.

При однаковій пористості більш високими теплоізоляційними властивостями мають матеріали, що мають дрібні замкнуті пори внаслідок зменшення передачі теплоти конвекцією та випромінюванням. Особливо це необхідно враховувати при виборі матеріалів для високотемпературної ізоляції. Це важливо і тому, що теплопровідність зростає з підвищенням середньої температури, при якій відбувається передача теплоти від однієї поверхні огорожі до іншої. Зміна теплопровідності при зміні температури в різних матеріалів відбувається з різною швидкістю. У розрахунках теплової ізоляції завжди треба враховувати її значення, відповідне даній робочій температурі.

Зволоження і тим більше замерзання води в порах матеріалу веде до різкого збільшення теплопровідності, оскільки теплопровідність води [0,58 Вт/(м·°С)] приблизно в 25, а льоду [2,32 Вт/(м·°С)] в 100 разів більше, ніж повітря. Тому теплоізоляційні матеріали необхідно оберігати від зволоження.

Теплопровідність матеріалів з волокнистим і шаруватим будовою залежить від напрямку потоку теплоти. Наприклад, для дерева теплопровідність вздовж волокон приблизно в 2 рази вище, ніж теплопровідність поперек волокон.

Міцність теплоізоляційних матеріалів внаслідок їх пористого будови відносно невелика. Межа міцності при стисненні зазвичай коливається від 0,2 до 2,5 МПа. Матеріали, у яких міцність при стисненні вище 5 МПа, називають теплоізоляційно-конструктивними і використовують для несучих огорожувальних конструкцій. Для ряду теплоізоляційних виробів основною характеристикою є межа міцності при вигині (плити, шкаралупи, сегменти) або при розтягуванні (мати, повсть, азбестовий картон тощо). У всіх випадках потрібно, щоб міцність теплоізоляційного матеріалу була достатньою для його збереження при транспортуванні, складуванні, монтажі і роботі в конкретних експлуатаційних умовах.

Температуростійкість оцінюють граничною температурою застосування теплоізоляційного матеріалу. Вище цієї температури матеріал змінює свою структуру, втрачає механічну міцність і руйнується, а-органічні матеріали можуть загорятися. Граничну температуру застосування теплоізоляційних матеріалів встановлюють у цілях заходи) дещо нижче значення температуростійкості і завжди указують у технічній характеристиці матеріалу.

Теплоємність матеріалу має істотне значення в умовах частих теплозмін, так як в цих випадках необхідно враховувати теплоту, поглинається (акумуляовану) теплоізоляційним шаром. Теплоємність неорганічних матеріалів коливається від 0,67 до 1 кДж/(кг·°С). Із збільшенням вологості матеріалу його теплоємність різко зростає, так як для води при 4 °С вона дуже висока - 4,2 кДж/(кг·°С). Збільшення теплоємності спостерігається і при підвищенні температури.

Хімічну та біологічну стійкість теплоізоляції підвищують, застосовуючи різні захисні покриття. Високопориста будова теплоізоляційних матеріалів сприяє прониканню в них рідин, га-клич парів, що знаходяться в навколишньому середовищі, які, взаємодіючи з матеріалом, руйнують його. Органічні теплоізоляційні матеріали або містять у своєму складі органічні зв'язувальні речовини (крохмаль, клей тощо) повинні володіти біологічною стійкістю. Так як життєдіяльність різних мікроорганізмів можлива у вологому середовищі, основною умовою підвищення біостійкості теплоізоляційних матеріалів є усунення причин, викликають їх зволоження, а також обробка матеріалів антисептиками.

Теплоізоляційні матеріали і вироби, що використовуються у конструкціях стін будівель і холодильників, а в процесі експлуатації можуть піддаватися поперемінному заморожуванню і

відтаванню. В цьому випадку до них пред'являють вимоги по морозостійкості такі ж, як до стінових матеріалів.

15.3. Неорганічні теплоізоляційні матеріали та вироби

Неорганічні теплоізоляційні матеріали та вироби виготовляють на основі мінеральної сировини (гірських порід, шлаків, скла, азбесту). До цієї групи відносять мінеральну, скляну вату і вироби з них, деякі види легких бетонів на пористих заповнювачах (вступенном перліті і вермикуліті), пористі теплоізоляційні бетони, піноскло, азбестові і азбестовмісні матеріали, керамічні та ін. Ці матеріали використовують як для утеплення будівельних конструкцій, так і для ізоляції гарячих поверхонь промислового обладнання і трубопроводів.

Мінеральна вата і вироби з неї за обсягом виробництва займає перше місце серед теплоізоляційних матеріалів. Цьому сприяє наявність сировинних ресурсів для їх отримання у вигляді гірських порід (доломіту, вапняків, мергелів, базальту та ін), шлаків і зол; простота технологічного процесу; невеликі капіталовкладення при організації виробництва, Мінеральна вата складається з штучних мінеральних волокон. Виробництво її включає дві основні технологічні операції - отримання розплаву і перетворення його в найтонші волокна. Розплав отримують, як правило, в шахтних плавильних печах - вагранках або ванних печах. Перетворення розплаву в мінеральне волокно виробляють дутьєвим або відцентровим способом. При дутьєвому способі виходить з печі розплав розбивається на дрібні крапельки струменем пари або повітря, що дмувається в спеціальну камеру і в польоті сильно витягуються, перетворюючись в тонкі волокна діаметром 2...20 мкм. При відцентровому способі струмінь рідкого розплаву надходить на багатообертний диск центрифуги і під дією великої окружної швидкості скидається з нього і витягується в волокна.

Щільність мінеральної вати 75... 150 кг/м³, теплопровідність 0,042...0,046 Вт/(м·°С). Вата не горить, не гниє, не гризуни псують, вона малогигроскопична, морозостійка і температуростойка. Мінеральну вату застосовують для теплоізоляції як холодних (до -200 °С), так і гарячих (до +600 °С) поверхонь, частіше у вигляді виробів: повсті, матів, напівжорстких і жорстких плит, шкаралуп, сегментів. Іноді вату використовують в якості теплоізоляційної засипки пустотілих стін і перекриттів, для чого її гранулюють, тобто перетворюють в пухкі грудочки в дырчатом барабані.

Мінеральний повсть випускають у вигляді листів і рулонів з мінеральної вати, злегка просоченої дисперсіями синтетичних смол і пресованої (11.2)

Щільність повсті 100... 150 кг/м³, теплопровідність 0,046...0,052 Вт/(м·°С). Листи полотнища мінерального повсті застосовують для утеплення стін і перекриттів в цегляних, бетонних і дерев'яних будинках.

Мінеральні мати являють собою мінераловатний килим, укладений між битуминизированной папером, чи склотканиною металевою сіткою, прошитий міцними нитками або тонким дротом. Довжина матів до 500 см, ширина 150 см, товщина до 10 см. Щільність матів 300...200 кг/м³, теплопровідність 0,046...0,058 Вт/(м·°С). Мати застосовують для теплоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і громадських будівель, їх використовують також для утеплення свежеуложенных бетонів і розчинів при будівництві в холодну пору року.

Мінераловатні напівтверді плити виготовляють з мінерального волокна шляхом розпилення на нього сполучного (синтетичних смол або бітуму) з наступним пресуванням і термообробкою для сушіння або полімеризації. Щільність плит в залежності від виду сполучного і ущільнення 75...300 кг/м³ і теплопровідність 0,041...0,07 Вт/(м·°С). Напівжорсткі вироби застосовують для теплоізоляції огорожувальних конструкцій будівель і гарячих поверхонь обладнання при

температурі до 200...300°C, якщо вироби виготовлені на синтетичному сполучному, і до 60 °С - на бітумному сполучному.

Мінераловатні жорсткі вироби отримують змішуванням мінеральної вати з бітумною емульсією або синтетичними смолами з наступним формуванням, пресуванням і прогріванням відформованих виробів для їх сушіння або полімеризації. Мінераловатні жорсткі плити виготовляють товщиною 4... 10 см, щільністю 100...400 кг/м³ і теплопровідністю 0,051...0,135 Вт/(мХ Х°С). Мінераловатні жорсткі плити застосовують для утеплення стін, покриттів і перекриттів житлових і промислових будівель і холодильників. Жорсткі плити і фасонні вироби - сегменти, шкаралупи (11.2,3) на синтетичному і бентонитокolloидном сполучних застосовують для теплоізоляції гарячих поверхонь.

Промисловість випускає також **мінераловатні плити підвищеної жорсткості і тверді плити на синтетичних зв'язуючих**, які характеризуються більш високою міцністю і більшими розмірами, ніж звичайні жорсткі плити. Такі плити розміром 180Х120 см, а при певних параметрах ущільнення до 360Х120 см економічно доцільно застосовувати для утеплення стін, перекриттів і покриттів будівель. Наприклад, 1 м² покриття з використанням твердих мінераловатних плит (11.3) в 5...7 разів легше і на 25...40 % дешевше порівняно із залізобетонним покриттям, утепленим пінобетоном

Скляна вата є різновидом штучного мінерального волокна. Для виготовлення вати використовують скляний бій або ті ж сировинні матеріали, що і для віконного скла; кварцовий пісок, вапняк або крейда, соду або сульфат натрію. Тонке скляне волокно для текстильних матеріалів одержують витягуванням з розплавленої скломаси (фільєрній і штабиковий способи). Більш грубе волокно, яке застосовується для теплової ізоляції, виготовляють дутьєвим або відцентровим способом. Таке волокно називають скляною ватою. Щільність скляної вати зазвичай не перевищує 125кг/м³, а теплопровідність - 0,052 Вт/(м·°С). Промисловість випускає також супертонке скловолокно щільністю до 25 кг/м³ і теплопровідністю близько 0,03Вт/(м·°С). Скляна вата практично не дає усадки в конструкціях, волокна її не руйнуються при тривалих струси та вібрації. Вона погано проводить і добре поглинає звук, малогигроскопична, морозостійка. Шар скляної вати товщиною 5 см відповідає термічного опору цегляній стіні товщиною в 1 м.

Скловатні мати і напівтверді і жорсткі плити, а також фасонні вироби на сполучних синтетичних смол застосовують у як теплоізоляційний, акустичного матеріалу при температурі не вище 200 °С, а прошивні мати і смуги - при температурі до 450 °С.

Піноскло (пористе скло) випускають у вигляді блоків або плит розміром 50Х40Х(8...14) см шляхом спікання порошку скляного бою або деяких гірських порід вулканічного походження (трахити, сієніти, нефеліни, обсидіани та ін) з газообразователями, наприклад з вапняком або антрацитом. При температурі 800...900°C частинки скляного бою починають сплавлятися, а що виділяються з газоутворювача газу утворюють велика кількість пор (пористість 80...95 %). При цьому в склоподібному матеріалі межпорових стінок містяться дрібні мікропори. Двокий характер пористості забезпечує високу теплоізоляційну здатність піноскла. Теплопровідність плит з піноскла при щільності 150... 600 кг/м³ складає 0,06... 0,14 Вт/(м·°С), а межа міцності при стисненні 2,0...6,0 МПа, при цьому вони добре обробляються (пиляються, свердяться, шліфуються). Вироби з піноскла володіють високою водостійкістю, морозостійкістю і температуростійкістю. Для скла звичайного складу температуростійкість дорівнює 300...400°C, для бесщелочного скла-до 1000 °С. застосовують як Піноскло утеплювач стін, перекриттів, підлог, покрівель промислових і цивільних будівель в конструкціях холодильників, а також для ізоляції теплових установок та мереж.

Стеклопор отримують шляхом грануляції і спучування рідкого скла з мінеральними добавками (крейдою, меленим піском, золою ТЕС і ін.) Спочатку виробляють гранулят «стеклобисер», який потім спучують нагріванням при температурі 320...360°C. Стеклопор випускають трьох марок: СЛ-з $\rho_T = 15...4$ кг/м³, $\gamma = 0,028...0,035$ Вт/(м·°С); Л і Т відповідно - $\rho_T = 40...80$ і $80...120$ кг/м³; $X = 0,032...0,04$ і $0,038...0,05$ Вт/(м·°С). В поєднанні з різними зв'язуючими склопор використовують для виготовлення штучної, мастикової і заливальної теплоізоляції.

15.4. Органічні теплоізоляційні матеріали та вироб

Більшість органічних теплоізоляційних матеріалів виготовляють у вигляді плит, зазвичай великорозмірних, що спрощує і прискорює виробництво робіт і сприяє здешевленню будівництва.

Основною сировиною для їх виготовлення служить деревина, головним чином у вигляді відходів (тирса', стружка, горбиль, рейка), та інше рослинна сировина волокнистої будови (очерет, солома, малорозложившийся верхової торф, багаття льону і конопель). Велика кількість теплоізоляційних виробів виготовляють на основі різних полімерів і синтетичних смол (див. гол. 13).

Деревина сама по собі представляє пористий матеріал (пористість 60...70%). Крім того, деревна стружка деревні волокна розташовані в деяких теплоізоляційних виробках (фібролітових, деревостружкових плитах тощо) так, що тепловий потік в конструкції виявляється спрямованим не вздовж, а поперек волокон, а це створює додатковий опір проходженню теплоти. Разом з тим стружка волокна деревини або іншої рослинної сировини створюють своєрідний арматурний каркас в теплоізоляційних виробках. Нарешті, використання деревних та інших рослинних відходів для масового виробництва теплоізоляційних матеріалів є економічно вигідним і сприяє вирішенню екологічної проблеми, тобто дозволяє зменшити можливе забруднення навколишнього середовища.

Деревноволокнисті плити виготовляють з неділової деревини, відходів лісопильної і деревообробної промисловості, паперової макулатури, а також стебел соломи, кукурудзи, бавовнику і деяких інших рослин.

З метою збільшення міцності і довговічності деревноволокнистих виробів при їх виготовленні застосовують спеціальні добавки: водні емульсії синтетичних смол, емульсії з парафіну, каніфолі, бітуму, антисептики і антипірени, а також азбест, глинозем, гіпс і ін

Рослинну сировину подрібнюють в різних агрегатах присутність великої кількості води, що полегшує розділення деревини на окремі волокна, змішують зі спеціальними добавками. Далі жидкотекучую волокнисту масу передають на отливочную машину, що складається з нескінченної металевої сітки і вакуумної установки. Тут маса зневоднюється, ущільнюється і розрізається на окремі плити заданого розміру, які потім подпресовують і сушать.

Щільність деревноволокнистих ізоляційних та ізоляційно-оздоблювальних плит 150...350 кг/м³, теплопровідність 0,046...0,093 Вт/(м·°С), міцність при вигині не менше 0,4...2,0 МПа.

Перевагою плит є їх великі розміри [(довжина до 3 м, ширина до 1,6 м), так як це сприяє індустріалізації будівельно-монтажних робіт і зменшення витрат праці.

Ізоляційні плити використовують для тепло - і звукоізоляції стін, стель, підлог, перегородок і міжповерхових перекриттів, утеплення покрівель, акустичної обробки спеціальних приміщень (радіостудій, машинописних бюро, концертних залів і т'. п.).

Крім ізоляційних випускають напівтверді, тверді і надтверді деревноволокнисті плити щільністю 400... 1100 кг/м³ і міцність при вигині не менше 15 МПа, використовувані як оздоблювальні та конструкційні матеріали.

Деревностружкові плити- отримують гарячим пресуванням маси, що містить близько 90 % органічного волокнистої сировини (найчастіше тонка деревна стружка) і 8... 12 % синтетичних смол (мочевинофор-мальдегідної, фенолформальдегідної та ін). *Деревностружкові плити* випускають одно - і багатошаровими. Наприклад, у тришарової плити пористий середній шар складається з великих стружок, а поверхневі шари виконують з однакових по товщині плоских тонких стружок.

Для теплоізоляційних цілей служать легкі плити щільністю 250...500 кг/м³ і теплопровідністю 0,046... ..0,093 Вт/(м°С). Полутяжелые і важкі плити щільністю відповідно 500...800 та 800... 1000 кг/м³ і міцність при згині 5...35 МПа застосовують як обробний і конструкційний матеріал. Області застосування деревностружкових плит в будівництві приблизно ті ж, що і деревоволокнистих плит.

Фіброліт - плитний матеріал, виготовлений зазвичай із спеціальних деревних стружок (деревної вовни) та неорганічного в'язучої речовини. Деревну шерсть отримують на спеціальних верстатах у вигляді тонких і вузьких стрічок. В якості в'язучого частіше використовують портландцемент, рідше магнезійній в'язучий.

Деревну шерсть спочатку мінералізують розчином хлористого кальцію, рідкого скла або сірчаноокислого глинозему, а потім змішують з цементом і водою. Плити формують під тиском до 0,5 МПа і направляють для твердіння в пр Плити зазвичай мають довжину 240 і 300 см, ширину 60 і 120 см, товщину 3...15 див. По щільності їх ділять на марки Ф-300 (теплоізоляційний виброліт) і Ф-400, Ф-500 кг/м³ (теплоізоляційно-конструкційний фіброліт) з межею міцності при вигині відповідно не менше 0,35; 0,6 та 1,0 МПа і теплопровідністю 0,08...0,1 Вт/(м°С). Фіброліт не відкритим полум'ям горить, а тліє, легко обробляється - його можна пиляти, свердлити, вбивати в нього цвяхи. Водопоглинання цементного фіброліту не більше 35...45 %; при вологості вище 35 % він може дивуватися будинковим грибом, тому його необхідно захищати від зволоження, зокрема, шляхом оштукатурювання. Шорстка поверхня фіброліту сприяє гарному зчепленню із штукатуркою. Теплоізоляційний фіброліт застосовують для утеплення стін і покриттів; конструктивний - для перегородок, каркасних стін і перекриттів в сухих умовах. Стіна з фібролітових плит товщиною 15 см по термічному опору еквівалентна цегляній стіні дві цеглини.

Арболіт являє собою різновид легкого бетону, виготовленого з підібраної суміші цементу, органічних заповнювачів, хімічних добавок і води. Органічні заповнювачі можуть бути різного походження та з різною формою часток (дроблені відходи деревних порід, січка очерету, багаття конопель або льону, соняшникове лущиння і тощо). В якості в'язучого частіше застосовують портландцемент, рідше інші неорганічні в'язучі речовини. Технологія виготовлення виробів з арболіту багато в чому наближається до технології виробів із звичайних бетонів.

Розрізняють теплоізоляційний арболіт (щільністю до 500 кг/м³) і конструкційно-теплоізоляційний (щільністю до 700 кг/м³). Міцність при стисненні коливається від 0,5 до 3,5 МПа, на розтяг при вигині - від 0,4 до 1,0 МПа. Теплопровідність арболіту становить 0,1...0,126 Вт/(м°С). Арболіт відноситься до категорії труднопоражаемых грибами і важкогорючих матеріалів. Вироби з арболіту застосовують для зведення навісних і самонесучих стін і перегородок, а також в якості теплоізоляційного матеріалу в стінах, перегородках і покриттях будівель різного призначення.

Очерет (комишитові плити) виготовляють (11.5) з очерету, очерету осінньо-зимової рубки. Виробництво камышита зазвичай організують на пересувних установках, обладнаних пресами високої продуктивності, на яких здійснюються пресування, прошивка дротом і торцювання плит.

Щільність камышита залежно від ступеня пресування становить 175...250 кг/м³, теплопровідність - 0,046...0,093 Вт/(м°С), межа міцності при вигині - 0,5..1,0МПа. Очерет загниває

при зволоженні, не тримає цвяхи, здатний займатися, схильний до псування гризунами. Ці недоліки можна зменшити шляхом просочення плит антисептиками, оштукатурюванням плит.

Очерет застосовують для заповнення стін каркасних будівель, влаштування перегородок, утеплення перекриттів і покриттів в малоповерховому будівництві. Для сільського будівництва розроблені типові проекти будинків, в яких стіни, перегородки і перекриття виконують із камышитових панелей. Будинки з таких панелей в 2 рази дешевше кам'яних.

опарочные камери. Затверділі плити сушать до вологості не більше 20 %.

Торф'яні теплоізоляційні вироби виготовляють в вигляді плит, шкаралуп і сегментів. Сировиною для їх виробництва є малоразложившийся торф з верхніх шарів боліт, має волокнисту недолуге будова. Вироби виготовляють шляхом пресування в металевих формах торф'яної маси, яку для поліпшення властивостей вводять добавки - антисептики, антипірени, гідрофобізатори. Відформовані вироби піддають теплової обробці. Спеціальних в'язучих речовин тут не потрібно. При теплової обробці з торфу виділяються смолисті речовини, склеюючі волокна.

Торфопліти випускають щільністю 170 і 220 кг/см³, теплопровідність 0,058...0,064 Вт/(м·°С) і межею міцності при вигині не менше 0,3 МПа. Торф'яні теплоізоляційні вироби відрізняються великою гіроскопічністю і водопоглинанням.

Застосовують торф'яні вироби для утеплення стін і перекриттів будівель, холодильників і трубопроводів при температурі від -60 до +100 °С.

Повсть будівельний виготовляють з нижчих сортів вовни тварин з добавкою рослинних волокон і крохмального клейстеру. Після валки повсть має вигляд пластин - полотнищ довжиною і шириною до 200 см Щільність повсті 150 кг/м³, теплопровідність близько 0,06 Вт/(м·°С). Щоб запобігти поява молі, повсть необхідно просочувати 3 %-ним розчином фтористого натрію і перед застосуванням висушувати. Використовують повсть для теплової та звукової ізоляції стін і стель під штукатурку, утеплення зовнішніх кутів в рублених будинках, віконних і дверних коробок.

15.5. Акустичні матеріали та вироби

Сукупність численних звуків, що швидко змінюються за частоті і силі, прийнято називати шумом. Шум в приміщеннях відноситься до категорії санітарно-гігієнічних шкідливостей, так як тривале його вплив шкідливо для здоров'я людини і знижує його працездатність. Розрізняють шуми повітряні і ударні. Повітряний шум виникає і розповсюджується в повітряному середовищі. Звукові хвилі впливають на огорожувальні конструкції будівель, приводять їх в коливальний рух і тим самим передають звук в сусідні приміщення, відображаються і частково поглинаються огорожами. Ударний шум виникає і передається в огорожувальних конструкціях при ударних, вібраційних та інших впливах безпосередньо на конструкцію.

Шкідлива дія шумів прагнуть зменшити шляхом розробки раціональних планувальних і конструктивних рішень будівель, здійснюються із застосуванням акустичних матеріалів і виробів.

Акустичними називають матеріали, здатні поглинати звукову енергію, а також знижувати рівень сили і гучності проходять через них звуків, виниклих як у повітрі, так і у матеріалі огорожі. За призначенням акустичні матеріали поділяють на звукоізоляційні і звукопоглинальні.

Звукоізоляційними називають матеріали, що застосовуються в основному для ослаблення ударного шуму. Звукопоглинальні матеріали мають властивістю переважно поглинати енергію падаючих на них звукових хвиль (повітряні шуми).

Звукоізоляційна здатність матеріалу в огороженні оцінюється по різниці рівнів звуку з

обох боків огорожі і виражається в децибелах. Граничні (максимально допустимі) рівні шуму встановлюються в залежності від призначення приміщення і частотної характеристики звуку. Нормальне вухо людини сприймає звукові коливання частотою 16... ..20 000 Гц, причому особливо чутливими є частоти 1500...3000 Гц. Звукоізоляційна здатність огороження прямо пропорційна десятичному логарифму його маси. Однак збільшення маси конструкцій робить їх занадто важкими, громіздкими і дорогими. Набагато ефективніше конструкції, виготовлені з пористих матеріалів, або багатошарові конструкції, що мають повітряні прошарки. У цьому випадку використовуються пружні властивості повітря, який гасить звукові коливання і перериває поширення звуку. З цієї ж причини і звукопоглинальні матеріали прагнуть виготовляти високопористими (пористість 40... 90 %), т. е. як і теплоізоляційні матеріали. Однак на відміну від теплоізоляційних матеріалів, де вигідні замкнуті повітряні пори, ефективність звукопоглинальних матеріалів зростає при наявності наскрізних пор або спеціально передбаченої перфорації.

Акустичні матеріали повинні зберігати свої властивості в процесі тривалої експлуатації та разом з тим задовольняти загальним будівельно-технічним вимогам по вогнестійкості, біо - і вологостійкості, механічній міцності і економічності.

15.6. Звукопоглинальні матеріали і вироб

Звукопоглинальні матеріали знижують енергію падаючих на них звукових коливань і тому служать для боротьби з повітряним шумом. При застосуванні для акустичної обробки усередині приміщень вони виконують також декоративну роль (декоративно-акустичні матеріали).

Основний акустичної характеристикою звукопоглинальних матеріалів є коефіцієнт звукопоглинання α , рівний відношенню кількості енергії звукових коливань, поглиненої матеріалом або конструкцією, до загальної кількості звукової енергії, падаючої на ізольовану поверхню в одиницю часу

Всі будівельні матеріали володіють в тій чи іншій мірою звукопоглинанням. До звукопоглинаючих матеріалів прийнято відносити тільки ті, які мають коефіцієнт звукопоглинання на середніх частотах більше 0,2. Ці матеріали характеризуються високою, переважно відкритою пористістю. Для посилення поглинання звукової енергії звукопоглинальні матеріали часто додатково перфорують. Перфорація полегшує доступ звукових хвиль до матеріалу і залежно від розміру і форми отворів, їх нахилу і глибини, а також відсотки перфорації (відношення площі, займаної отворами, до загальної площі виробу) збільшує коефіцієнт звукопоглинання на 10...20 % і більше. Для цієї ж мети фактуру поверхні виробів роблять тріщинуватою зоною, борознистою або рельєфною (11.6) і фарбують емульсійними або клейовими фарбами, що утворюють пористу поверхню.

Звукопоглинальні плити доцільно розташовувати в конструкції з повітряним зазором - «на відстанні». При цьому використовуються пружні властивості повітря, що також збільшує звукопоглинання конструкції.

Звукопоглинальні матеріали застосовують у вигляді одношарового однорідного пористого матеріалу з офактуреною поверхнею, дво - та багатошарових пористих матеріалів з жорстким перфорованим покриттям, а також у вигляді штучних одно - і багатошарових виробів різноманітних розмірів і форми.

Одношарові пористі звукопоглинаючі матеріали та виробі можуть мати волокнисту, конгломератну і пористу структуру. З звукопоглинальних матеріалів з волокнистою структурою найбільше значення мають мінераловатні та деревоволокнисті плити.

Мінераловатні плити виготовляють з мінерального, тому числі скляного або азбестового, волокна на синтетичному або бітумному сполучному. Ці плити відрізняються від

теплоізоляційних більш твердим скелетом, наскрізний пористістю і зовнішньою обробкою. Ефективними оздоблювальними звукопоглинаючими матеріалами на основі мінеральних волокон є плити «акмигран» і «акмініт». Для виробництва «акмиграну» застосовують мінеральну або скляну гранульовану вату і сполучна, що складається з крохмалю, карбоксилцелюлози і бентоніту. З приготовленої суміші в'язучого і гранул вати формують плити товщиною 20 мм, які після сушіння піддають обробці (їх калібрують, шліфують і фарбують). Лицьова поверхня плит має «трещиновату» фактуру. Плити «акмініт» мають дещо змінений склад (в зокрема, замість бентоніту використовують каолін), а формують їх шляхом виливки в формах. Коефіцієнт звукопоглинання обох видів плит в середньому і високому діапазоні частот становить 0,8...0,9. Плити призначені для акустичної оздоблення стелі та верхньої частини стін громадських та адміністративних будівель з відносною вологістю повітря не більше 75%.

Для звукопоглинальних облицювань використовують пористі (м'які) деревноволокнисті плити з щільністю 200...300 кг/м³. Плити перфоруєть зазвичай на 2/3 товщини круглими отворами або пазами і офарблюють клейовою фарбою.

До матеріалів з конгломератної структури відносять акустичні бетони та розчини у вигляді плит, блоків, що виготовляються на пористих заповнювачах (спучених перліт і вермикуліт, легкі види керамзиту, природного або шлакової пемзи) і білому, кольоровому або звичайному портландцементях.

Серед матеріалів з комірчастою структурою найбільше поширення отримали плити і блоки з ніздрюватих бетонів, піноскла і поропласти (комірчасті пластмаси, містять сполучені між собою пори).

Звукопоглинальні вироби з пористих матеріалів з перфорованим покриттям являють собою пористий матеріал щільністю не більше 100...140 кг/м³. Виготовляють їх у вигляді мінераловатних плит, рулонів, акустичних бетонних плит або поліуретанового поропласту. З зовнішньої сторони пористий матеріал закривають перфорованим екраном, який виготовляють з шаруватого пластику, дюралюмінію, оцинкованої листової сталі, азбестоцементних листів, гіпсових акустичних плит і т.д. (11.7). Такі конструкції застосовують для акустичної обробки стель і стін в громадських і культурно-побутових будівлях.

Найбільший ефект звукопоглинання досягається при розташування звукопоглотителя в безпосередній близькості від джерела звуку. У цьому разі частина звукової енергії гаситься до того, як вона проникає в приміщення. Тому в громадських і особливо в промислових будівлях велике практичне значення мають штучні звукопоглиначі у вигляді окремих щитів, кубів, призм., конусів, куль, що підвішуються до стелі галасливих приміщень або встановлюються на підлозі поблизу джерела звуку (верстата, механізму тощо). Стінки штучних поглиначів мають перфорацію, а порожнини між ними заповнені або облицьовані зсередини пористими матеріалами.

Високого звукопоглинання при низьких частотах досягають застосуванням резонуючих панелей. Такі панелі складаються з каркаса, на якому кріпиться мембрана з листів фанери, жорстких деревно-волокнистих плит або цупкої тканини типу клейонки. Панелі монтують на стелі і стінах з певним отросом від огорожувальної конструкції. Ефект звукопоглинання обумовлюється активним опором системи, що здійснює вимушені коливання під дією падаючої звукової хвилі.

15.7. Звукоізоляційні матеріали і вироби

Звукоізоляційні матеріали в основному призначені для ослаблення ударного звуку, а деякі з них сприяють ізоляції та від повітряного шуму. **Звукоізоляційні матеріали**, що застосовуються у

вигляді шарів з плит або матів, смугових або штучних прокладок, часто ще називають прокладочними.

Однією з основних характеристик вібро - і звукоізоляційних матеріалів в конструкціях є динамічний модуль пружності, який в кілька разів вище статичного модуля пружності і відрізняється від нього тим, що в ньому враховується загасання звукових ударних коливань за рахунок внутрішнього тертя. Чим нижче динамічний модуль пружності, тим більше ударних звукових коливань поглинає матеріал і тим нижче швидкість поширення звуку. Швидкість поширення поздовжньої хвилі становить (м/с): сталі-5050, граніті-3950, залізобетоні-4100, цеглі-3350, дереві-1500, пробці-500, гумі-30. Із зменшенням щільності даного матеріалу його динамічний модуль пружності також знижується. З цієї причини звукоізоляційні прокладочні матеріали виготовляють високопористими (40...90 % наскрізних пор). Проте при однаковій щільності, але при різній якості вихідних компонентів та склад матеріалу величина динамічного модуля пружності може значно коливатися. В особливо це важливо враховувати при роботі звукоізоляційного матеріалу під навантаженням. У більшості випадків звукоізоляційні прокладочні матеріали працюють під дією стискаючих сил (в перекриттях, несучих стиках конструкцій, в конструкціях амортизаторів під машини і обладнання). В наслідок цього матеріал стискається, що супроводжується зростанням модуля пружності. Тому його величину слід визначати після стабілізації стиснення, а стисливість враховувати при призначенні товщини прокладок.

Зазначеним вимогам задовольняють звукоізоляційні матеріали і вироби, що мають пористо-волокнусту або пористо-губчасту структуру.

Ефективними звукоізоляційними виробами з волокнустою структурою є мати і напівтверді плити мінерало - і скловатні на синтетичному сполучному, мати або рулони прошивні скловатні, деревоволокнисті та азбестоцементні ізоляційні плити.

Прокладочні матеріали з губчастої (клітинним) структурою виготовляють з пористої гуми і еластичних полімерів (поропласти з поліуретанових, полівінілхлоридних та інших полімерів).

Одні з цих матеріалів застосовують для суцільних звукоізоляційних прокладок під поли, що укладаються по всій площі перекриттів (11.8,а), інші - для смугових і штучних прокладок, які поділяють несучу частину перекриття від конструкції підлоги (11.8, б).

Звукоізоляційні матеріали використовують також у стінах і перегородках - у вигляді суцільної ненавантаженому прокладки і в стиках конструкцій

Тема 16. ЛАКОФАРБОВІ МАТЕРІАЛИ

16.1. Загальні відомості

Лакофарбовими називають природні чи штучні матеріали, які наносять у в'язко-рідкому стані тонким шаром (60...500мкм) на поверхню будівельних конструкцій і деталей для утворення покриття з необхідними властивостями – захисними, декоративними, спеціальними. Припускають, що первісні люди виготовляли перші фарби близько 25 000 років тому. Хімічний аналіз печерних рисунків, виявлених в Альтамірі (Іспанія) і Ласкауксі (Франція), показує, що основними пігментами, які використали художники часів палеоліту, були оксиди заліза й марганцю. Вони забезпечували одержання трьох основних кольорів, знайдених у більшості печерних картин, а саме: чорного, червоного і жовтого, поряд з проміжними відтінками. У період приблизно між 3000 і 600 р. до н.е. єгиптяни значно розвинули мистецтво приготування фарб, розробивши більш широку колірну гаму пігментів - синій і зелений кольори: лазурит, азурит, малахіт. У той же період почали застосовувати червону й жовту охри, лампову сажу й білий пігментний гіпс. У якості плівкоутворювачів використовували природні смоли, розплави

воску. Як свідчать історики, греки й римляни в цей період вже знали, що лакофарбові матеріали можуть виконувати не тільки декоративні функції, але й захисні й з метою створення таких сполук використовували лаки на основі масел, що висихають. Лаки наготовлювали розчиненням відповідних смол у гарячих лляних, конопельних, горіхових маслах. До кінця XVIII с. попит на фарби всіх типів зріс настільки, що стало економічно вигідно організовувати виробництво лаків і фарб. Прискорення науково-технічного прогресу, починаючи із зазначеного періоду й у теперішній час вплинуло на лакофарбову індустрію. Сьогодні неможливо представити будівництво без лакофарбових матеріалів, які забезпечують:

- санітарно-гігієнічні норми ;
- задоволення естетичних вимог;
- захист поверхні будівельних конструкцій з металу, бетону, каменю, дерева від корозії.

16.2. Основні компоненти лакофарбової композиції

Основними компонентами, що складають лакофарбову композицію є: плівкоутворювачі речовини, пігменти, наповнювачі, сикативи, розчинники. **Плівкоутворювачі (сполучні)** речовини забезпечують зчеплення між собою часток пігменту, висихання покриття за рахунок реакції полімеризації (тужавіння), адгезію покриття до пофарбованої поверхні. Нижче розглянуті основні види плівкоутворювачів, до яких відносять:

- **мінеральні** в'язучі - вапно, рідке скло, цемент;

- **рослинні клеї** - крохмаль і близькі за складом водорозчинні ефіри целюлози;

- **тваринні** - розчинні у воді високомолекулярні речовини білкового походження, що утворюють плівки з хорошою адгезією до поверхні, яку фарбують. До них належать кісткові, желатинові, казеїновий клеї, лакофарбові композиції, виконані на основі тваринних клеїв атмосферостійкі й добре адгезують до силікатної поверхні (бетону, штукатурки).

- **смоли природні** - продукти рослинного походження, слабо пофарбовані або прозорі. До них належать: каніфоль, копали, янтар, шелак.

- **водорозчинні ефіри целюлози** (метилцелюлоза - МЦ, карбоксиметилцелюлоза - КМЦ) використовують для внутрішніх робіт, тому що лакофарбові покриття на їхній основі не мають достатньої атмосферостійкості;

- **нітроцелюлоза** - складний ефір целюлози, отриманий у результаті взаємодії з азотною кислотою;

- **оліфи** - досить поширені плівкоутворюючі речовини на основі рідких рослинних масел або алкідних полімерів, модифіковані рослинними маслами. За складом й технологією одержання оліфи підрозділяють на: натуральні, оліфи-оксоль і алкідні;

- **синтетичні** плівкоутворювачі отримані в результаті хімічних реакцій полімеризації або поліконденсації. До них належать епоксидні, поліефірні, поліуретанові, перхлорвінілові,

поліакрилатні полімери. Використання синтетичних плівкоутворювачів дозволяє заощаджувати харчові, рослинні масла й натуральні смоли. Шляхом регулювання складу плівкоутворювачів при синтезі одержують лаки й емалі з найрізноманітнішими властивостями;

- *водні дисперсії полімерів* - являють собою дрібні частки полімерів, зважені у воді. Концентрація полімеру 40-50%.

Пігменти являють собою тонкомолоті пофарбовані порошки, нерозчинні у воді, плівкоутворювачах й розчиннику. Пігменти забезпечують покриття кольори, антикорозійні властивості. До основних технологічних властивостей пігменту, що робить вплив на якість майбутнього покриття, відносять: *барвну здатність* (здатність передавати свої кольори при змішуванні з білим пігментом), *дисперсність* (ступінь подрібнювання), покриття (інтенсивність фарбування, витрата пігментного складу на 1м² укриваної поверхні) і *маслоємкість* (мінімальна витрата плівкоутворювача, необхідного для одержання однорідної пасти). До експлуатаційних характеристик пігментів належать : світлостійкість, атмосферостійкість, теплостійкість, хімічна стійкість і нешкідливість.

Залежно від походження пігменти класифікуються на мінеральні й органічні, а за способом одержання - на природні й штучні.

Пігменти органічного походження мають високу інтенсивність кольору, але знижену довговічність і атмосферостійкість.

Наповнювачі - слабкофарбовані, тонкомолоті мінеральні матеріали, які вводять у лакофарбову композицію з метою економії дорогих пігментів, підвищення в'язкості складу, міцності, щільності й температурної стійкості покриття. Перераховані функції забезпечуються введенням сульфату барію, сульфату кальцію, карбонату кальцію, кремнезему, діатоміту, глини, тальку, слюди.

Розчинники - рідини органічного походження, призначені для надання лакофарбовим складам необхідної малярської консистенції і забезпечення можливості її нанесення на поверхню. Тип розчинника залежить від природи плівкоутворювача. Так, для олійних фарб – це бензин, уайт - спірит, скипидар, для гліфталевих і бітумних лаків і фарб - сольвент, ксилол, скипидар, для перхлорвінілових фарб - ацетон, для клейових і водоемульсійних - вода.

Розріджувачі на відміну від розчинників не розчиняють плівкоутворювачів, застосовуються для зниження в'язкості лакофарбового складу.

Сикативи - речовини для прискорення процесу висихання (твердіння) лакофарбової плівки. Являють собою металеві похідні октанової кислоти.

До допоміжних компонентів, застосовуваних для одержання лакофарбових матеріалів, у тому числі спеціального призначення, належать:

стабілізатори (речовини , що запобігають осадження пігментів при зберіганні фарб і емалей), *пластифікатори* (забезпечують рівномірне нанесення композиції на поверхню, яку фарбують), *аерозатори* (забезпечують помірний запах фарби) і т.д.

16.3. Маркування лакофарбових матеріалів

Маркування фарбових матеріалів (ГОСТ 24404) виконують 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 (емалей, фарб, ґрунтовок, шпатлівок) і чотирьох груп знаків – для непігментованих (лаків).

Перша група знаків характеризує вид лакофарбового покриття (подається у вигляді слова – лак, фарба, емаль і т. д.)

Друга група знаків визначає вид матеріалу за хімічним складом (подається у вигляді абревіатури): УР - поліуретанові; АУ - алкідноуретанові, КО-кремнієорганічні, ГФ-гліфталеві, ПФ-пентафталеві, МО-меланові, ФЛ-фенольні, ЕП-епоксидні, АК-поліакрилатні, ВА-полівінілацетатні, ВС- на основі сополімерів вінілацетату, КЧ-каучукові, ХВ-перхлорвінілові і т. д.

Третя група вказує на переважаючі умови експлуатації і призначення лакофарбового матеріалу, позначається цифрами:

- 1 – атмосферостійкі, для зовнішніх робіт;
- 2 – обмежено атмосферостійкі, для внутрішніх робіт;
- 3 – захисні, консерваційні;
- 4 – водостійкі;
- 5 – спеціальні ;
- 6 – маслобензостійкі ;
- 7 – хімічностійкі;
- 8 – термостійкі ;
- 9 – електроізоляційні;

Четверта група знаків – це реєстраційний номер фарби.

П'ята група відповідає кольору лакофарбного матеріалу. Позначається повним словом, наприклад: сіро-голуба, блакитна та ін.

Приклад: Емаль ХВ -16 сіро-біла – перхлорвінілова емаль (ХВ), для атмосферостійких покриттів (1), реєстраційний номер (6), колір - сіро-білий.

16.4. Види лакофарбових матеріалів

Ґрунтовки – це суспензії пігментів або їхніх сумішей з наповнювачами в розчині плівкоутворюючої речовини, які після висихання утворюють суцільну непрозору однорідну тверду плівку. Призначені для утворення нижнього захисного шару покриття, тому вони повинні мати високу адгезію до основи.

Шпатлівки – високонаповнені матеріали у вигляді в'язкої пастоподібної маси, що складається з суміші пігментів і наповнювачів, диспергованих у плівкоутворюючої речовині. Призначені для вирівнювання поверхні основи, заповнення нерівностей та виправлення її дефектів.

Фарби – це суміші пігменту з наповнювачами та плівкоутворюючими речовинами, які утворюють непрозорі однотонні покриття. Залежно від використання плівкоутворюючих речовин поділяють на :

- **масляні фарби**, які застосовують для захисту сталевих конструкцій від корозії, для запобігання дерев'яних конструкцій від зволоження, для створення зносостійких і водостійких покриттів (підлоги, нижня частина стін коридорів). Досить довговічні. Являють собою однорідну суспензію, отриману в результаті диспергування пігменту в оліфі.

Випускають густотерті фарби, доведені до робочої в'язкості оліфою безперечно перед використанням і рідкотерті, готові до використання з вмістом 40-50% оліфи;

- **мінеральні фарби** на основі неорганічних в'язучих речовин (вапняні, цементні, силікатні), які застосовують для фасадних захисно-декоративних покриттів при нанесенні на оштукатурені фасади з керамічної та силікатної цегли, бетону й газобетону. Мінеральні фарби в основному є порошковими і доводяться до потрібної консистенції додаванням води. Вони є екологічно чистими, мають достатню паропроникність, високу морозостійкість та водостійкість;

- **вододисперсійні фарби** – це пігментовані емульсії полімерів у воді, складаються з двох незмішуваних рідин, в яких частинки однієї розподілені в іншій. Властивості вододисперсійних лакофарбових матеріалів залежать від виду полімерів. Найбільш широко використовують фарби на основі вінілацетату, стирол-бутадієнової емульсії. Вододисперсійні фарби відносять до найбільш економічних і зручних в нанесенні на поверхню, вони технологічні, пожежовибухобезпечні. Мають добру адгезію практично до всіх основ. Недоліком цих плівок є низька механічна міцність, невелика водо- і морозостійкість. В асортименті вододисперсних фарб переважають *полівінілацетатні емульсійні фарби*, до складу яких входять водні дисперсії полівінілацетату, пластифіковані дибутилфталатом, пігмент, добавки. Полівінілацетатні фарби мають достатню адгезію до бетону, штукатурки, деревени, характеризуються низькою водостійкістю, тому мають вузьку область застосування – фарбування стель і внутрішніх стін у сухих приміщеннях, але ці фарби є досить дешевими. Лідерами серед високоякісних будівельних лакофарбових матеріалів є акрилові фарби, емалі, лаки й ґрунти. Основними їхніми перевагами є довговічність і надійний захист поверхонь. Акрилові покриття на відміну від масляних, алкідних і вінілхлоридних є еластичними і паропроникними, мають підвищену атмосферостійкість, водостійкість. Термін служби близько 10 років.

Алкідні фарби набули найбільшого розповсюдження в будівництві. Зв'язуючим для них є алкідна смола, яку виготовляють варінням рослинних масел. Вони традиційно використовуються для захисту від зносу й корозії різноманітних зовнішніх і внутрішніх поверхонь будівель, витримують очищення водою. Однак оскільки містять органічний розчинник, за екологічними показниками вони поступаються водоемульсійним фарбам.

Лаки – непігментовані склади, що являють собою розчини синтетичних і натуральних смол в органічних розчинниках.

Після нанесення лаку на поверхню розчинник випаровується і утворюється міцна, прозора, блискуча або матова плівка.

Лаки класифікують на: масляно-смоляні, синтетичні, нітролаки, бітумні лаки. Масляно-смоляні лаки застосовують для внутрішніх і зовнішніх покриттів на масельних фарбах, дерева, металу. Синтетичні лаки на основі мочевино-формальдегідних смол застосовують для покриття паркетних підлог, деревностружкових плит і столярних виробів. Бітумні лаки використовують для роботи із чавунними й металевими поверхнями, тим самим забезпечують корозійну стійкість

конструкціям. Нітролаки застосовують для лакування пофарбованої й незабарвленої поверхні деревини.

Емалеві фарби являють собою суспензію пігменту й наповнювача в лаку (гліфталевому, пентафталевому і т.д.)

Г л і ф т а л е в і емалі (ГФ) застосовують для зовнішньої й внутрішньої обробки. Гліфталеве сполучне являє собою полімер гліцерину й фталевого ангідриду.

П е н т а ф т а л е в і емалі (ПФ) аналогічні гліфталевим, але при синтезі сполучних замість гліцерину застосовують пентаеритрит.

Н і т р о г л и ф т а л е в і емалі (НГ) поєднують у собі гідності гліфталевих і нітроцелюлозних емалей.

П е р х л о р в і н і л о в і емалі (ПХВ) отримують розчиненням перхлорвінілового полімеру в органічних розчинниках і введенням у лак, пігменту. Застосовують для зовнішніх робіт по штукатурці, бетону, цеглі. ПХВ - емалі дають насичені тони, зберігають фактуру поверхні, довговічні.

Контрольні запитання

1. Які функції виконують лакофарбові покриття?
2. Назвіть основні компоненти, що складають лакофарбову композицію. У чому відмінність лаку від фарби й фарби від ґрунтовки?
3. Які функції виконують пігменти й наповнювачі?
4. Які функції виконують плівкоутворюючі та розчинники?
5. Які типи плівкоутворювачів та пігментів вам відомі?
6. Наведіть приклад маркування лакофарбових матеріалів.
7. Які переваги мають вододисперсійні фарби в порівнянні з масляними й емалевими?

Тема 17. ВИРОБНИЧА БАЗА БУДІВНИЦТВА

17.1.Склад виробничої бази будівництва

До виробничо-технічної бази будівництва відносяться:

- підприємства які випускають вироби і конструкції зі збірного залізобетону, бетону;
- підприємства промисловості будівельних матеріалів, що випускають цеглу, легко-бетонні та чарунково - бетонні блоки ;
- з випуску цементу, багатокomпонентного цементу, інших в'язучих та сухих сумішей;
- з випуску лицьовальних матеріалів на основі бетону, кераміки, природного і штучного каміння, теплоізоляційних матеріалів;
- з випуску полімерних матеріалів-екологічних і довговічних покриттів підлог, нових видів герметиків, пінопластів, труб, тощо;
- з випуску багатокольорових керамічних підлогових плиток, санітарно-керамічних виробів;
- з випуску легких виробів зі сталевого і алюмінієвого профілю;

- підприємства з виробництва покрівельних матеріалів: черепиці, азбестоцементних плиток та шиферу, рулонних матеріалів як традиційних, так і на основі еластомерних композицій;
- підприємств з прокату, експлуатації і ремонту будівельних машин, механізмів і транспорту;
- стаціонарні і пересувні виробничі установки, енергетичні і складські господарства будівельних організацій, будівельні лабораторії, тощо.

17.2. Організація матеріально – технічної бази будівництва.

Будівництво, як галузь матеріального виробництва, є найпотужнішим споживачем виробів промисловості та інших галузей народного господарства.

Для обслуговування безпосередньо виробничого процесу створюється матеріально – технічна база будівельних організацій.

Під *матеріально – технічною базою будівництва* розуміють систему підприємств і фірм, що містить у собі як самі будівельні організації так і підприємства з їх обслуговування. Зазвичай у такій системі виділяють три ланки.

Будівельно – монтажна ланка включає будівельно – монтажні організації, що безпосередньо здійснюють будівництво різноманітних об'єктів.

Промислово – виробнича ланка (база будіндустрії) забезпечує будівельно – монтажну ланку «сировиною», - будівельними виробами та конструкціями, що споживаються будівництвом, Це, крім наведених вище підприємств, кар'єри з видобування щебеню, піску, гравію, промивочно – сортувальні заводи, розчино – бетонні. Та асфальто – бетонні вузли, цехи та майстерні з виготовлення опалубки та арматури і багато іншого.

Інфраструктурна ланка (допоміжна база) забезпечує взаємодію і нормальну роботу будівельно – монтажною та промислово виробничо – промисловою ланок. До неї входять в основному підприємства, що не виготовляють продукцію, а надають ті чи інші технічні послуги, Це підприємства з обслуговування та ремонту будівельних машин, склади, транспортні фірми, організації що забезпечують виробничо – технологічну комплектацію матеріалів і конструкцій, посередники у придбанні матеріалів, тимчасові поселення робітників, що створюють для них нормальні соціально – побутові умови, компанії, що займаються пошуком, підготовкою і перепідготовкою кадрів.

Підприємства будіндустрії можуть обслуговувати окреме будівництво, або значні території, що охоплюють велику кількість будов. Де які підприємства (частіше всього виробники сантехнічного обладнання, оздоблювальних матеріалів, фарб, тощо можуть обслуговувати будівництва незалежно від місця їхнього знаходження, у тому числі і за межами країни.

Будівництво підприємств промислово – виробничої ланки являє собою «звичайне» промислове будівництво, для якого здійснюються інженерні вишукування, складається проект, ведуться БМР, виконуються пуско – налагоджувальні роботи. Об'єкти як промислово – виробничої, так і інфраструктурної ланки можуть бути як постійними і тимчасовими. Останні зводяться коли не передбачається їх нормальна експлуатація після закінчення будівництва. По можливості тимчасові об'єкти повинні бути інвентарними, збірно – розбірними, іншими словами передбачається їх багаторазове використання.

На вибір і розміщення підприємств промислово – виробничої ланки впливає багато факторів. Головною задачею є досягнення найбільшої зручності використання таких підприємств при мінімальних витратах на їх зведення і наступну експлуатацію.

Підприємства, що обслуговують будови незалежно від їх віддаленості, повинні проектуватися на основі вивчення стану і тенденції розвитку всієї будівельної галузі з точки зору попиту їхню продукцію.

Підприємство же, що обслуговує конкретний район з багатьма буд майданчиками повинні випускати продукцію і мати потужності, що відповідають потребам цього району. Їх розташування повинно вибиратися виходячи з усього комплексу умов, що склалися. Кар'єри, піску, гравію, щебеню, глини для цегельних заводів, розташовуються в місцях залягання цих матеріалів, а підприємства з випуску напівфабрикатів (утому числі розчину, бетону), виробів і конструкцій – поблизу місць основного споживання.

У будь якому випадку об'єкти промислово – виробничої і інфраструктурної ланки бажано розташовувати поблизу існуючих або тих. Що проектується транспортних магістралей, ліній електропередач, населених пунктів.

Об'єкти інфраструктурної ланки проектується виходячи з потреб будівельного виробництва. Вихідними даними для проектування є результати розрахунків загальних потреб у машинах, механізмах, запасах матеріалів; для польових станів та робітничих селищ – кількість робітників. Існують норми необхідних площ на одиницю об'єму кожного виду матеріалів, що складуються, на одну автомашину, на один конкретний механізм, тощо. Розрахунки тимчасових комунікацій, виконуються виходячи норм витрат конкретних ресурсів – води, тепла, електроенергії та ін. на кожний об'єкт споживання.

Для матеріально – технічної бази в цілому ці принципи практично повністю зберігаються. Непринципові відмінності є тільки у більших обсягах і більш широкій номенклатурі ресурсів та об'єктів обслуговування, у більшому числі факторів, що необхідно враховувати.

17.3. Складові матеріально – технічного забезпечення і його наукова база.

Матеріально – технічне забезпечення будівництва включає в себе систему служб, що забезпечують нормальну роботу будівельно – монтажних організацій шляхом використання можливостей промислово - виробничої і інфраструктурної ланок існуючої матеріально – технічної бази.

В загалом матеріально – технічне забезпечення будівництва охоплює наступні сфери діяльності:

- систему постачання будівництва матеріалами, конструкціями, виробами;
- виробничо – технологічну комплектацію (вибір послідовності поставок);
- складування і зберігання матеріалів і виробів;
- інструментальне господарство та служба технологічного оснащення;
- ремонтно – механічні служби;
- транспортне господарство.

На практиці такі служби часто-густо суміщають. Наприклад, постачання суміщають з комплектацією і транспортом. Інструментальне господарство, службу технологічного оснащення об'єднують з ремонтно – механічними службами (служба головного механіка), тощо. При великих обсягах робіт, навпаки, окремі служби виділяють у самостійні організації.

Науковою базою матеріально – технічного забезпечення є окрема наука – **логістика**. Логістика це наука про планування, управління і контроль за рухом ресурсів, кадрів, інформації та інших матеріальних і нематеріальних потоків. В логістиці вводяться специфічні поняття і математичні моделі, що дозволяють в узагальненій формі вирішувати питання організації виробництва, закупівель сировини, її транспортування, збуту готової продукції, тощо. Сукупність учасників виробництва і споживання самих ресурсів, готової продукції, засобів транспортування, зовнішнього середовища і т.п. об'єднується в логістиці в **логістичні системи**.

Вишукуються способи забезпечення ефективності такої системи і.с. досягнення найкращого результату з найменшими витратами. Існує ряд концепцій досягнення такої мети. В основному

вони зводяться до організаційних форм, при яких зменшується або зовсім скасовується складування матеріалів та виробів, мінімізуються транспортні витрати, скорочуються простої, забезпечується сталість до різноманітних змін зовнішнього середовища у тому числі попиту. Наприклад, встановлюється така система взаємозв'язку постачальника сировини і виробника, при якій сировина і напівфабрикати подаються безпосередньо до місця виробничого споживання в потрібній кількості, у потрібний час без складування, тощо.

17.4. Організація поставок матеріальних ресурсів на будівництво.

Система постачання матеріальних ресурсів в будівельній галузі формується на ринкових умовах. Сутність ринкової системи постачання у тому, що постачальник і споживач є торговими партнерами взаємодіючими в умовах вільних цін без втручання держави.

Задача будівельних організацій полягає у пошуку постачальників найбільш дешевих і у той же час найбільш якісних матеріалів і виробів.

Постачання матеріальних ресурсів в будівельній організації здійснюються через господарські зв'язки.

Господарські зв'язки являють собою сукупність економічних, організаційних і правових взаємовідносин, які виникають між постачальниками і споживачами матеріальних ресурсів.

Господарські зв'язки між підприємствами можуть бути прямі і непрямі, змішані, тривалі і не тривалі.

Прямі – це зв'язки при яких відносини з постачання продукції встановлюються між підприємством виробником і підприємством споживачем безпосередньо.

Непрямі – це зв'язки, коли між підприємством виробником і підприємством споживачем є хоча б один посередник.

Змішані – це такі зв'язки, коли постачання здійснюється як напряму так і через посередників (дистриб'ютори, джобери, агенти, брокери).

Дистриб'ютори і джобери це фірми які здійснюють збут на основі гуртових (оптових) закупок у крупних промислових підприємств – виробників готової продукції.

Дистриб'ютори це крупні фірми, що мають власні склади і заключають довгострокові договори на поставки.

Джобери – купують дрібні партії товарів для швидкого перепродажу.

Агенти і брокери – це фірми або окремі підприємці, які здійснюють збут продукції промислових підприємств на основі комісійної винагороди.

Прямі господарські зв'язки для будівельних організацій є більш економічно вигіднішими і ефективними у порівнянні з непрямыми так, як відсутні посередники, зменшуються обігові витрати, документообіг, поставки більш регулярні та стабільні. Ці зв'язки, як правило, встановлюються при великих обсягах будівельних робіт, що тривають довгий час.

Але коли будівництво має невеликі обсяги робіт і тривалість до 1 року, а матеріали використовуються в обмеженій кількості, які не досягають транзитних поставок, то щоби не створювати зайві матеріальні запаси, краще працювати через посередників.

Як прямі так і непрямі зв'язки можуть носити довгостроковий і короткостроковий характер.

Прямі і непрямі зв'язки розрізняються також за формою організації поставок – транзитна і складська форми забезпечення.

Транзитна форма забезпечення – це коли ресурси переміщуються від постачальника до споживача безпосередньо, без завою їх на проміжні склади і бази посередницьких організацій. Крім того підприємство отримує сировину просто від постачальника, що прискорює термін поставки і скорочує транспортно – заготівельні витрати.

При складській формі матеріальні ресурси завозяться на склади і бази посередницьких організацій звідки відпускаються споживачу.

Для вибору тієї чи іншої форми забезпечення матеріально – технічними ресурсами виконують техніко – економічні розрахунки.

Постачання матеріально – технічних ресурсів здійснюється згідно *специфікації ресурсів* яких наводиться розшифровка номенклатури матеріалів по видах марках, профілях, сортах , типах, розмірах, тощо. Від того наскільки правильно складені специфікації ресурсів залежить матеріально – технічне забезпечення будівництва. Якщо в специфікації допущена помилка, то поставки не будуть відповідати дійсним потребам тим самим виконання виробничої програми буде під загрозою зриву.

Згідно специфікацій укладають договори на постачання, в яких наводиться назва продукції, кількість, асортимент, комплектність, якість, сорт продукції з посиланнями на ДСТ та ТУ , вимоги до упаковки та тари, терміни поставки, загальний термін дії договору, ціни на продукцію загальна вартість, умови оплати, відповідальність сторін за виконання умов договору.

Після укладання договору служби МТЗ будівельних організацій повинні забезпечити своєчасне і комплексне отримання матеріалів, їх кількісну і якісну прийомку , правильне зберігання на складах. Оперативна робота з завезення матеріалів здійснюється на основі місячних планів, в яких вказані календарні терміни і обсяги поставок по усіх видах матеріальних ресурсів.

Короткий словник спеціальних термінів, що використовуються для вивчення курсу

« Будівельне матеріалознавство »

1. **Адгезія** - (від лат. *athaesto* - приліплювання), зчеплення поверхонь різнорідних тіл.
2. **Адсорбція** - (від лат. *ad-* на, *sorbeo* - поглинаю), поглинання газів, пари або рідин поверхневим шаром твердого тіла(адсорбенту).
3. **Анізотропність** - (від грець. *anisos* - нерівний і *tropos*- напрямок), залежність властивостей середовища від напрямку.
4. **Аморфність** - (від грець. *amorhos* – безформний) - безформність, розпливчатість.
5. **В'язкість** - властивість рідин і газів, що характеризує опір діючій зовнішній силі , що викликає плин.
6. **В'язучі речовини** - мілкодисперсні порошки мінерального походження, при контакті з водою перетворюються в пластичну масу, потім у міцний кам'яний матеріал.
7. **Заутвір** - сполука в'язучих речовин із водою або розчинами солей.
8. **Гідратація** - приєднання води до речовини.
9. **Деструкція** - (панцира. *Destructio*), порушення, руйнування нормальної структури чогось.
10. **Дегідратація** - відщеплення води від хімічних сполук; реакція ,зворотна гідратації.
11. **Декарбонізація** - хімічна реакція, що супроводжується виділенням вуглекислого газу.

12. **Диспергировання** (панцира. Dispergo- розсіюю) - тонке подрібнювання твердого тіла, в результаті якого утворюються дисперсні системи: порошки, суспензії, емульсії.
14. **Дисперсність** - характеристика розміру часток у дисперсних системах.
15. **Ізотропність** - (від грець. tropos- поворот, напрямок) – незалежність властивостей фізичних об'єктів від напрямку.
16. **Карбонізація** - приєднання вуглекислого газу до речовини.
17. **Коагуляція** - (від лат. coagulatio-згортання) - зчеплення часток дисперсної фази при їхньому зіткненні в процесі броунівського руху.
18. **Тиксотропність** - (від грець. thixis- дотик trope- -поворот, зміна) - здатність дисперсних систем відновлювати вихідну структуру, зруйновану механічним впливом.
19. **Довговічність** - властивість виробу зберігати працездатність до граничного стану з необхідними перервами на ремонт. Вимірюється терміном служби без втрат експлуатаційних якостей.
20. **Надійність** - загальна властивість, що включає: безвідмовність, ремонтпридатність, збереження.
21. **Біостійкість** – здатність матеріалів чинити опір впливу біологічних процесів, які виникають при експлуатації матеріалів у спорудах.
22. **Хімічна активність** - реакційна здатність при взаємодії із іншими матеріалами.
23. **Корозія** - довільне руйнування матеріалів, викликане хімічними та електрохімічними процесами, що проходять у них при взаємодії з зовнішнім середовищем.
24. **Матриця** – компонент ,безперервний по всьому об'єму композиційного матеріалу, який забезпечує визначену міцність зчеплення з наповнювачем, передає навантаження окремим частинкам наповнювача і сприймає напруження.
25. **Структура** - визначене розташування у просторі окремих структурних елементів з урахуванням їхнього кількісного співвідношення та характеру зв'язку між ними.
26. **Шамот** – зернистий порошок із зернами 0,16...2,5 мм, який отримують подрібненням попередньо випаленої до спікання глини.

Список літератури

1. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К. Будівельне матеріалознавство. - К: ТОВ УАВК « Екс Об», 2004. - 704с.
2. Захарченко П.В., Долгий Е.М. Сучасні композиційні будівельно-оздоблювальні матеріали . - К: КНУБА, 2005. - 512с.
3. Т.М. Пащенко, З.І. Світла Будівельне матеріалознавство
4. Шаповал С. В. Конспект лекцій з курсу «Сучасні будівельні матеріали і технології» (для студентів 5 курсу денної форми навчання спеціальності 191 – Архітектура та містобудування) / С. В. Шаповал, А. А. Баранова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 97 с.
5. В.І.Кошман Матеріалознавство для штукатурів, облицювальників, мозаїчників, малярів.

Будівельне матеріалознавство [Текст]: конспект лекцій для здобувачів освіти освітньо-професійного ступеня: фаховий молодший бакалавр, галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво спеціальності G19 Будівництво та цивільна інженерія за освітньо-професійною програмою «Будівництво та експлуатація будівель і споруд» денної форми навчання/ уклад. С.М.Данилік – Любешів: ВСП «Любешівський ТФК Луцького НТУ», 2025. – – 114 с. .

Комп'ютерний набір і верстка : С.М.Данилік

Редактор: С.М.Данилік

Підп. до друку _____ 2025 р. Формат А4.

Папір офіс. Гарн.Таймс. Умов.друк.арк. ____

Обл. вид. арк. ____ Тираж 15 прим.