

Міністерство освіти і науки України
Відокремлений структурний підрозділ «Любешівський технічний фаховий коледж Луцького
національного технічного університету»



МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

для здобувачів освітньо-професійного ступеня **фаховий молодший бакалавр**
освітньо-професійної програми «**Опорядження будівель і споруд та будівельний дизайн**»
галузі знань **19 Архітектура та будівництво**
спеціальності **192 Будівництво та цивільна інженерія**
денної форми навчання



Любешів – 2023

УДК 620.1(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 _____ М.М.Деміх з

Затверджено методичною радою ВСП «Любешівський ТФК Луцького НТУ»,

протокол № _____ від «____» _____ 2023 р.

Рекомендовано до видання на засіданні циклової методичної комісії педпрацівників
будівельного профілю ВСП «Любешівський ТФК Луцького НТУ»,

протокол № _____ від «____» _____ 2023 р.

Голова циклової методичної комісії _____ Данилік С.М

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

Рецензент: _____

Відповідальний за випуск: _____ С.М.Данилік, викладач вищої категорії, голова
циклової методичної комісії педпрацівників будівельного профілю ВСП «Любешівський ТФК
Луцького НТУ».

Матеріалознавство [Текст]: конспект лекцій для здобувачів освіти освітньо професійного
ступеня: фаховий молодший бакалавр, галузь знань 19 Архітектура та будівництво, спеціальності
192 Будівництво та цивільна інженерія за освітньо-професійною програмою «Опорядження
будівель і споруд та будівельний дизайн» денної форми навчання/ уклад. С.М.Данилік – Любешів:
ВСП «Любешівський ТФК Луцького НТУ», 2023. – 123с.

Методичне видання складене відповідно до діючої програми курсу «Матеріалознавство» з
метою вивчення та засвоєння теоретичних знань.

С.М. Данилік, 2023

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	7
Розділ 1. ЗНАЧЕННЯ КУРСУ «БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО».	
ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ. БУДОВА, СКЛАД ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ	
1.Значення курсу « Будівельне матеріалознавство».....	7
2.Загальні відомості.....	9
1.2.1. Стандартизація будівельних матеріалів.....	9
1.2.2. Класифікації будівельних матеріалів.....	9
1.3. Будова та склад матеріалів.....	10
1.3.1. Будова матеріалів.....	10
1.3.2. Склад матеріалів.....	11
1.4. Властивості будівельних матеріалів.....	11
1.4.1. Фізичні властивості матеріалів.....	11
1.4.2. Механічні властивості матеріалів.....	14
1.4.3. Хімічні й технологічні властивості матеріалів.....	17
Контрольні запитання.....	17
Розділ 2. ПРИРОДНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ	
2.1. Гірські породи й мінерали.....	18
2.1.1. Магматичні гірські породи.....	19
2.1.2. Осадкові гірські породи.....	20
2.1.3. Метаморфічні гірські породи.....	22
2.1.4. Природні кам'яні матеріали.....	22
2.1.5. Техногенні відходи.....	23
2.2. Лісові матеріали.....	23
2.2.1. Загальні відомості.....	23
2.2.2. Будова і склад деревини.....	24
2.2.3. Загальні властивості деревини.....	25
2.2.4. Деревні породи.....	26
2.2.5. Вади деревини.....	26
2.2.6. Захист деревини від гниття, ураження комахами і загоряння.....	27
2.2.7. Матеріали й вироби з деревини.....	28
Контрольні запитання.....	30
Розділ 3. КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ Й ВИРОБИ	
3.1. Загальні відомості.....	30
3.2. Сировина для виробництва керамічних матеріалів.....	31
3.3. Загальна схема технології виробництва керамічних матеріалів.....	33

3.4. Керамічні матеріали й вироби.....	34
3.4.1. Стінові керамічні матеріали.....	34
3.4.2. Вироби для облицювання фасадів.....	35
3.4.3. Плитки для внутрішнього облицювання.....	36
3.4.4. Вироби для покрівлі й перекриттів.....	37
3.4.5. Санітарно-технічна кераміка й керамічні вироби спеціального призначення.....	37
Контрольні запитання.....	38
Розділ 4. СКЛО І МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ МІНЕРАЛЬНИХ РОЗПЛАВІВ	
4.1. Загальні відомості.....	39
4.2. Основи виробництва скла.....	39
4.3. Властивості скла і скловиробів.....	40
4.4. Різновид скляних виробів.....	41
4.5. Сітали, шлакосітали і сіталоласти.....	44
Контрольні запитання.....	45
Розділ 5. МЕТАЛИ Й МЕТАЛІЧНІ КОНСТРУКЦІЇ, ЗАСТОСОВУВАНІ В БУДІВНИЦТВІ	
5.1. Загальні відомості.....	45
5.2. Класифікація металів.....	46
5.3. Основи технології чорних металів.....	46
5.3.1. Виробництво чавуну.....	46
5.3.2. Виробництво сталі та її застосування у будівництві.....	47
5.4. Кольорові метали і сплави.....	49
Контрольні запитання.....	50
Розділ 6. НЕОРГАНІЧНІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ	
6.1. Загальні відомості.....	51
6.2. Повітряні в'язучі речовини.....	51
6.2.1. Гіпсові в'язучі речовини.....	51
6.2.2. Повітряне вапно.....	53
6.2.3. Магnezіальні в'язучі речовини.....	55
6.3. Гідравлічні в'язучі речовини.....	55
6.3.1. Гідравлічне вапно.....	55
6.3.2. Портландцемент.....	56
6.3.3. Спеціальні види портландцементу.....	58
Контрольні запитання.....	61
Розділ 7. ШТУЧНІ МАТЕРІАЛИ Й ВИРОБИ НА ОСНОВІ МІНЕРАЛЬНИХ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН	

7.1. Матеріали й вироби на основі портландцементу.....	61
7.2. Залізобетон.....	62
7.3. Азбестоцементні вироби та конструкції.....	67
7.4. Матеріали й вироби на основі вапняних в'язучих речовин.....	69
7.5. Матеріали й вироби на основі гіпсових в'язучих речовин.....	70
Контрольні запитання.....	71
Розділ 8. ЗАПОВНЮВАЧІ ДЛЯ РОЗЧИНІВ І БЕТОНІВ	
8.1. Функції заповнювачів у бетонах і розчинах. Класифікація заповнювачів.....	71
8.2. Оцінка якості дрібного заповнювача.....	72
8.3. Оцінка якості великого заповнювача.....	74
8.4. Пористі заповнювачі.....	75
Контрольні запитання.....	75
Розділ 9. БЕТОНИ	
9.1. Загальні відомості. Класифікація бетонів.....	75
9.2. Властивості бетонної суміші.....	77
9.3. Основи технології бетону.....	78
9.4. Твердіння бетону.....	81
9.5. Основні властивості важкого бетону.....	82
9.6. Легкі бетони.....	84
9.6.1. Легкі бетони на пористих заповнювачах.....	86
9.6.2. Ніздрюваті бетони.....	87
9.6.3. Крупнопористі бетони.....	88
9.7. Спеціальні види бетонів.....	89
Контрольні запитання.....	89
Розділ 10. БУДІВЕЛЬНІ РОЗЧИНИ Й СУХІ БУДІВЕЛЬНІ СУМІШІ	
10.1. Загальні відомості.....	90
10.2. Будівельні розчини.....	90
10.2.1. Матеріали для виготовлення розчинних сумішей.....	91
10.2.2. Властивості розчинних сумішей і затверділих розчинів.....	92
10.2.3. Підбір складу, готування і транспортування розчинів.....	94
10.2.4. Види будівельних розчинів.....	95
10.3. Сухі будівельні суміші.....	96
10.3.1. Характеристика сухих будівельних сумішей фізичного призначення.	96
10.3.2. Характеристика сухих будівельних сумішей різного призначення.....	97
Контрольні запитання.....	98

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

11.1. Загальні відомості.....	99
11.2. Властивості бітумних і дьогтьових в'язучих.....	100
11.3. Застосування бітумних і дьогтьових в'язучих.....	102
11.4. Асфальтобетони і розчини.....	104
Контрольні запитання.....	106

Розділ 12. ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ

12.1. Загальні відомості.....	106
12.2. Класифікація полімерних речовин.....	107
12.3. Склад і властивості пластмас.....	107
12.3.1. Склад пластмас.....	107
12.3.2. Властивості пластмас.....	108
12.4. Технологія виробництва пластмас.....	108
12.5. Застосування полімерних матеріалів і виробів.....	109
12.5.1. Конструкційні полімерні матеріали.....	109
12.5.2. Опоряджувальні полімерні матеріали.....	110
12.5.3. Полімерні матеріали для покриттів підлог.....	111
12.5.4. Теплоізоляційні полімерні матеріали.....	112
Контрольні запитання.....	113

Розділ 13. ЛАКОФАРБОВІ МАТЕРІАЛИ

13.1. Загальні відомості.....	113
13.2. Основні компоненти лакофарбової композиції.....	114
13.3. Маркування лакофарбових матеріалів.....	116
13.4. Види лакофарбових матеріалів.....	117
Контрольні запитання.....	119

Короткий словник спеціальних термінів, що використовуються

для вивчення курсу «Будівельне матеріалознавство».....	120
Список літератури.....	122

ПЕРЕДМОВА

Будівництво є частиною матеріальної культури суспільства, за ним можна судити про прогрес науки і техніки, особливості побуту, національні традиції. Людина почала будувати перші житла ще в епоху неоліту (3 тис. років до н.е.), використовуючи природні матеріали: камені, шматки дерева, глину. Приблизно 7000 років тому, з використанням природного каменю в Древньому Єгипті вже будувалися ансамблі храмових і палацевих будинків, величезні піраміди-гробниці фараонів, багато з них збереглося до наших днів не тільки як архітектурні пам'ятники, але і як свідчення нерозривного зв'язку людини і будівельного матеріалу. На зорі своєї будівельної діяльності людина, навчившись обпалювати вироби з глиняного тіста – почала отримувати міцну і довговічну кераміку. Так почали з'являтися штучні будівельні матеріали – не взяті готовими в природи, а виготовлені руками майстрів. Згодом будівельними матеріалами стали скло, метал, бетон, пластмаси. З огляду на бурхливий розвиток науки і техніки фахівці припускають, що основними будівельними матеріалами в майбутньому також будуть метал, бетон і залізобетон, кераміка, скло, деревина, полімери. Нові будівельні матеріали будуть створюватися на тій же сировинній основі, але із застосуванням більш прогресивних технологічних прийомів і безвідходних технологій. Потік нових матеріалів з високими експлуатаційними характеристиками, довговічністю і надійністю буде збільшуватися. Основним критерієм при виборі матеріалу буде екологічний.

Розділ 1. ЗНАЧЕННЯ КУРСУ « БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО».

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ. БУДОВА, СКЛАД І ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ

1.1. Значення курсу «Будівельне матеріалознавство»

Курс «Будівельні матеріали» є однією з основних інженерних дисциплін, що формує базу знань студента, необхідних для вивчення курсів: будівельні конструкції, технологія будівельного виробництва, економіка й організація будівництва, архітектури 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 поведінкою 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. Загальні відомості

1.2.1. Стандартизація будівельних матеріалів

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 виріб схвалені 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 їх 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, вогнетривкістю. 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/см^2 .

1.2.2. 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;

- **герметизуючі** – 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.

1.3. Будівля та склад матеріалів

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

1.3.2. 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.

1.4. Властивості будівельних матеріалів

1.4.1. Фізичні властивості матеріалів

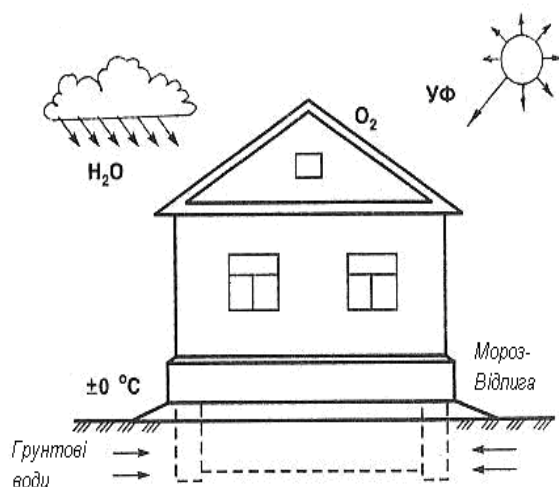


Рис. 1.1 – Вплив зовнішнього середовища на конструкції будівель
Щоб будівля або споруда була міцною та довговічною, необхідно знати агресивні дії зовнішнього

середовища, в якому буде працювати кожна конструкція (рис.1.1). 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_o (г/см³, кг/м³) – маса одиниці об'єму матеріалу в природному стані (з порами і дефектами):

$$\rho_o = m/V.$$

Середня щільність матеріалу завжди менше істинної 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:

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

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. 1.1).

Таблиця 1.1 – 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 водопоглинання за масою і об'ємом :

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

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

де m_1 – маса зразка, насиченого водою;

m – маса сухого зразка.

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

$$K_\phi = V_v \cdot a / (S(p_1 - p_2)t),$$

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 $p_1 - p_2 = 1$ м вод. ст.

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

$$K_p = R_b/R_c.$$

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.

1.4.2. 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 силу 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.

Модуль пружності E являє собою міру твердості матеріалу і зв'язує пружну деформацію і одноосьове напруження відповідно до закону Гука.

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 1.2 – 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...450	-

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 (див. 1.4.1), 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

$$HB = P/F,$$

де F – площа поверхні відбитка.

Стиранність – властивість матеріалу пручатися стираннім 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: $A_{уд} = m (1 + 2 + 3 + + n) / V \cdot 10^{-3}$,

де m – маса вантажу копра, кг;

V – об'єм зразка, $см^3$;

$(1+2+3+.....n)$ – 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 початкової.

1.4.3. 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, водопоглинання, 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.

Розділ 2. ПРИРОДНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

2.1. 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, $T_{\text{пл}} = 1700^\circ \text{C}$. 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 – $2,57 \text{ г/см}^3$, $T_{\text{пл}} = 1170^\circ \text{C}$.

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 – $2,6 \text{ г/см}^3$, 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 – $3,2\text{-}3,6 \text{ г/см}^3$, твердістю – 5,0 – 7,0 за шкалою Мооса.

Група карбонатів і сульфатів. **Кальцит** (CaCO_3) – безбарвний чи білий, щільність – $2,7 \text{ г/см}^3$, твердість – 3.

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

Магнезит – безбарвний, білий, сірий, щільність – $3,0 \text{ г/см}^3$, твердість – 3,5 - 4,5.

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

Ангідрит CaSO_4 – білий, сірий, склорозовий, блиск – скляний, щільність – $3,0 \text{ г/см}^3$, твердість – 3 – 3,5.

Гірська порода – природний мінеральний агрегат більш-менш визначеного складу і будови, 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.

2.1.1. 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/(м°С).

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.

Діабази – мають чорний колір, обумовлений присутністю плагіоклазу і кольорових мінералів, відрізняються високою твердістю, міцність – 300 – 400 МПа, мало зношуються і застосовуються у вигляді брусчатки 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 матеріалу, служить як абразивний матеріал при шліфуванні металів і дерева. **Вулканічний попіл** – 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.

2.1.2. Осадові гірські породи

Осадові породи залежно від умов утворення їх 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 саме 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 – $1600 - 2800 \text{ кг/м}^3$, міцність при стиску – $100 - 160 \text{ МПа}$. 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 CaCO_3 , середня щільність – $1900 - 2600 \text{ кг/м}^3$, 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 $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$, за своїми властивостями близькі до щільних вапняків, щільність – $2200 - 2700 \text{ кг/м}^3$, міцність при стиску $40 - 200 \text{ МПа}$. З доломіту виготовляють облицювальні плити, щебінь для бетону, вогнестійкі й мінеральні в'язкі речовини.

Магнезити – складаються в основному з мінералу магнезиту MgCO_3 . Застосовують для виготовлення вогнетривких виробів, а також як сировину для виробництва мінерального в'язкого – каустичного магнезиту.

Вапняні туфи – утворилися в результаті випадання CaCO_3 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 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, щільність – $2000 - 2300 \text{ кг/м}^3$, 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 CaSO_4 . 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 – $800 - 1500 \text{ кг/м}^3$, міцність при стиску – $2 - 5 \text{ МПа}$, 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 кошовною 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.

2.1.3. 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 лицувальних 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 брущатки.

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, лицувального декоративного бетону.

2.1.4. 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 різною обробленою поверхнею (лицювальні для стін, підлоги);
- вироби для дорожнього будівництва (бортовий камінь, брущатка, шашка для мощення).

За способом виготовлення природні кам'яні матеріали поділяють на:

- пиляні (стінові блоки і камені, лицевальні 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.

2.1.5. 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.

2.2. Лісові матеріали

2.2.1. 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 перекидають проліт у 44,9 м.

Сьогодні діапазон застосування деревини значно розширився, хоча витрачається вона ощадливіше. Стружка й обпилювання, 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.

2.2.2. Будова і склад деревини

Зростаюче дерево складається з кореневої системи, крони і стовбура. Стовбур є основною і найбільш кошовною 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.

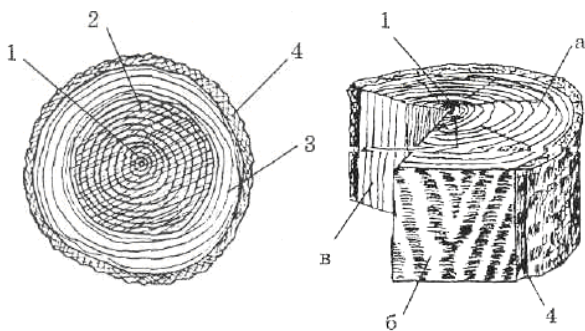


Рис. 2.1 – Розрізи стовбура дерева:

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. 2.1)

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.

2.2.3. 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.

2.2.4. 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 – 650 кг/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.

2.2.5. 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 товстого сука, що пронизує стовбур під гострим кутом до його поздовжньої осі.

Сухобокість – омертвіла ділянка стовбура.

Засмолок – ділянка деревини, рясно просочена смолою.

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

Червоточини – ходи й отвори, пророблені в деревині комахами.

2.2.6. Захист деревини від гниття, уражених комахами і загоряння

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 амонію, 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 комахами використовують *інсектициди*, роль яких добре виконують масляні антисептики і препарати на органічних розчинниках, розчин хлорофосу, хлоровану, хлорпикрин.

За вогнестойкістю 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, сірчаноокислий амоній.

2.2.7. 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 розпилювання 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. 2.2) різного виду і розмірів (бруси, шпали, дошки).

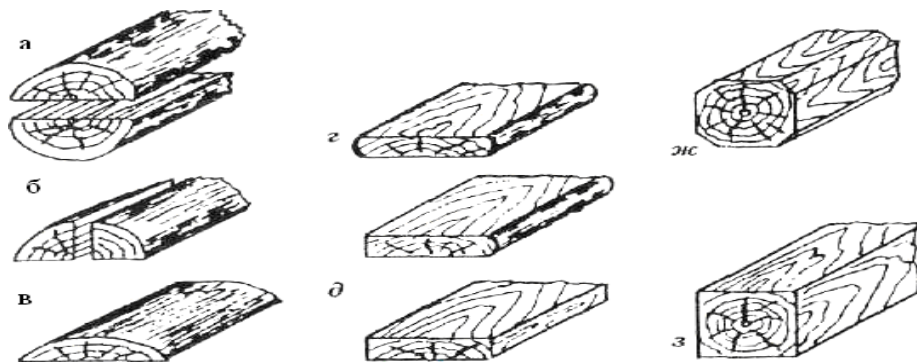


Рис. 2.2 – Піломатеріали:

а — пластини; *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 полотнинами, 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 лущенням чи струганням на спеціальних верстатах розпилених кряжів. Застосовується для обшивання внутрішніх перегородок на дерев'яній рамі, просторових конструкцій у вигляді куполів, а також клеєних балок, арок і ферм.

Паркет – виготовляють з твердих порід – дуба, бука, ясена 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 навісних 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 лиштва, плінтуси, поручні, дошки для підлоги (рис. 2.3).

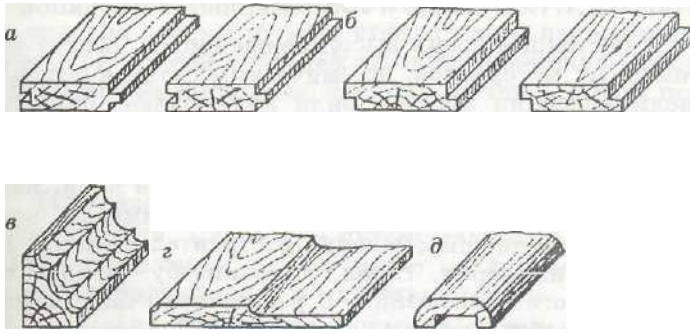


Рис.2.3 – Погонажні вироби:

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 мрамур 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 3. КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ Й ВИРОБИ

3.1. Загальні відомості

Кераміка (грец. 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.

3.2. 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 виробках. 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 CO_2 , а також вигораючі добавки – деревні обпилювання, вугільний порошок, торф'яний пил.

Плавні сприяють зниженню температури випалу виробів і підвищують щільність матеріалу. Функції плавнів виконують польові шпати, залізна руда, доломит, 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, глазурами, 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.

3.3. 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, лицевальну плитку.

Сушіння виробів. Перед випалом вироби висушують до вмісту вологи 5 – 6 % у тунельних і камерних сушарках протягом 72-х годин, температура теплоносія 120 – 150 °С. 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 120 °С видаляється фізично зв'язана вода й керамічна маса стає непластичною. У більш високій температурній зоні – від 450 °С до 600 °С 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 °С завдяки протіканню твердофазових реакцій. У процесі нагрівання від 1000 °С до 1200 °С відбувається вогнева усадка виробу й спікання (залежно від виду глини усадка становить 2 % – 8 %). Інтервал температур випалу лежить у межах: від 900 °С до 1100 °С для цегли, каменю, керамзиту; від 1100 °С до 1300 °С для клінкерної цегли, плиток для підлог; від 1300 °С до 1800 °С для вогнетривкої кераміки.

3.4. Керамічні матеріали й вироби

3.4.1. 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 – 250х125 мм; потовщена – 250х120х88 мм; модульна – 288х138х63 мм, модульна потовщена – 288х138х88 мм. Камені виготовляють таких розмірів: 250х120х138 мм (звичайний); 288х138х138 мм (модульний); 288х288х88 мм (модульний укрупнений); 250х250х120 мм (укрупнений з горизонтальним розташуванням порожнин). Цегли і камені можуть бути пустотілими (рис. 3.1).

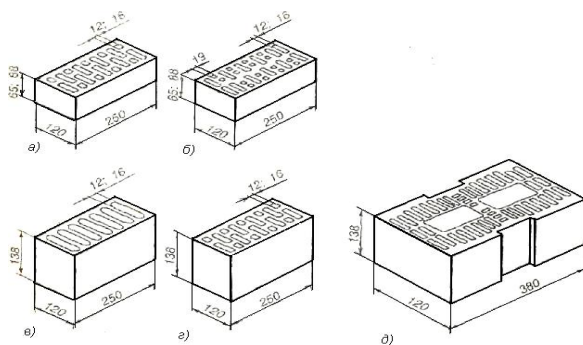


Рис. 3.1 – Цегла й камені керамічні:

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

(порожнистість 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;

- *умовноефективні* – 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 матеріалоємність конструкцій до 40 % скоротити транспортні витрати й навантаження на основу.

Керамічну цеглу, залежно від межі міцності при стиску й згині, а камені – тільки при стиску, поділяють на такі марки: М75; М100; М125; М150; М175 ; М200; М250; М300. За морозостійкістю керамічну цеглу і камені поділяють на марки: F15; F25; F35; F50.

3.4.2. 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 50х50 до 300х150 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.

3.4.3. 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 глазурованням) 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.) Водопоглинання 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 (чотирих-, 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 (водопоглинання 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.

3.4.4. 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 м² (40 – 80 кг). Застосовують керамічну черепицю на крутих покрівлях з ухилом не менше 30 °С. Різновиди керамічної черепиці представлені на рис. 3.1.

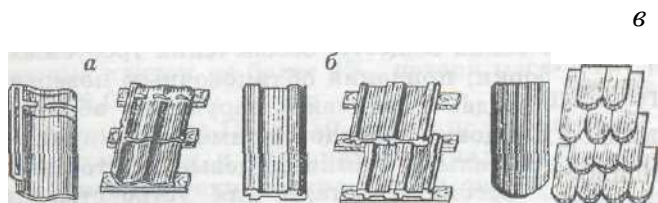


Рис. 3.1 – Види глиняної черепиці: *а* — штампувальна пазова;

б — стрічкова пазова; *в* — конькова

3.4.5. 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 табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Склад сировини для виробів санітарно-технічної кераміки

Складові		Вміст , % за масою		
		У фаянсі	У напівфаянсі	У санітарно-технічному фарфорі
Біловипалювальні глини	вогнетривкі й каоліни	55..60.	48...50	45..50
Кварц		40...50	40...45	30...35
Польовий шпат		5...10	7..12	18...22

Основні технічні характеристики санітарно-технічної кераміки наведені в табл. 3.2. 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.

Таблиця 3.2 – Фізико-механічні властивості санітарно-технічної кераміки

Властивості	Фарфор	Напівфарфор	Фаянс
Водопоглинання, %	0,2 – 0,5	3-5	10 – 12
Щільність, кг/м ³	2250 – 2300	2000 – 2200	1900 – 1960
Межа міцності при стиску, МПа	400 – 500	150 – 200	100
Межа міцності при вигині, МПа	70 – 80	38 – 43	15 – 30

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?

Розділ 4. СКЛО І МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ МІНЕРАЛЬНИХ РОЗПЛАВІВ

4.1. 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. (кришталь), 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; B_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.

4.2. 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, плави́ковий 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 °С 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 °С 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.

Вупал – 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.

4.3. 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.

4.4. Різновид скляних виробів

Листове віконне скло виробляється товщиною від 2,0 до 6,0 мм, максимальними розмірами залежно від товщини – від 1000х1600 мм до 400х500 мм. Може бути полірованим, неpolірованим, неpolірованим поліпшеним. Світлопропускання складає 84 – 89 %. Маса 1 м² – 2...5 кг. У таблиці 4.1 наведено розподіл віконного скла за марками й областю застосування.

Таблиця 4.1 – 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 неpolіроване	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: М7 – поліроване, М8 – непіроване, товщиною 6,5 – 12 см, розмірами до 3000х6000 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 сталевго 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.

Тепловідоображувальне скло одержують нанесенням на поверхню тонких плівок металів і їхніх оксидів. Світлопропускання таких стекол 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 металевго срібла) напилюванням наноситься на поверхню скла і забезпечує обігрів і запобігання запотіванню.

Блоки скляні порожнисті являють собою герметичні скляні коробки з гладкою чи ребристою зовнішньою поверхнею. Крім гарної світлопропускної здатності мають добре тепло- й звукоізоляційні властивості. Застосовуються для влаштування зовнішніх і внутрішніх огорожень. Випускають таких типорозмірів: 194x194 мм, 244x244 мм, завтовшки 98 мм і 244x244 мм завтовшки 75 мм. 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 світлопропускного 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- і звукоізоляція, а також гігієнічність. Випускають склопакети таких розмірів: довжина 400...2550 мм, ширина 400...2950 мм, товщина до 46 мм Відстань між стеклами у двошарових склопакетах становить 9,12,15 мм, у тришарових 9 і 12 мм. Основні фізичні властивості склопакетів наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Фізичні властивості склопакетів

Показник	Склопакет з повітряним прошарком, мм			
	з 2-х стекол		з 3-х стекол	
	15	20	15	20
Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/м ²	3,13	2,72	1,97	1,74
Світлопропускання, %	70	70	60	60
Звукоізолююча здатність при частоті 550 Гц, дБ	40...45	40...45	48...55	48...55

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 газу при температурі розм'якшення скла. Піноскло застосовується в конструкціях як тепло- і звукоізолятор. Виготовляють у вигляді блоків і гранул, щільність – $100 - 700 \text{ кг/м}^3$, коефіцієнт теплопровідності – $0,04 - 0,15 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$.

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 – $5 - 15 \text{ мкм}$, міцність при розтяганні досягає 4000 МПа .

4.5. Сітали, шлакосітали й сіталоласти

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

Технологія виробництва сіталів 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 сітали менш тендітними, ніж скло. Твердість сіталів наближається до твердості загартованої сталі, термостійкість виробів із сіталів досягає 1100°C . За зовнішнім виглядом сітали бувають сірого, коричневого, кремового кольору, глухі й прозорі. У будівництві сітали застосовують для підлог у промислових цехах, де можливі притоки агресивних речовин і розплавів металів, а також рух транспорту великої вантажопідйомності.

Шлакосітали – різновид сіталів. 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 – $2500 - 2700 \text{ кг/м}^3$, 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, склокремнезіт, 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.

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 сітали?

Розділ 5. МЕТАЛИ Й МЕТАЛІЧНІ КОНСТРУКЦІЇ, ЗАСТОСОВУВАНІ В БУДІВНИЦТВІ

5.1. 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 5.1 – Фізичні й механічні властивості металів

Метал	Щільність, кг/м ³	Межа міцності розтяганні, МПа	приТемпература 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

5.2. Класифікація металів

Метали ділять на дві групи:

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

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

5.3. Основи технології чорних металів

5.3.1 Виробництво чавуну

Чавун одержують у доменних печах шляхом високотемпературної обробки (1900 °C) суміші залізної руди, коксу й флюсу. Залізна руда, що є основною сировиною, крім порожньої породи містить від 30 до 70 % рудних мінералів у вигляді Fe_2O_3 і Fe_3O_4 . 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.

Виплавлювані 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 чавуну виготовляють башмак під колони, тюринги для тунелів, опорні частини залізобетонних ферм і балок, ванни, мийки, каналізаційні труби.

5.3.2. 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...350 ⁰С , 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. 5.1).

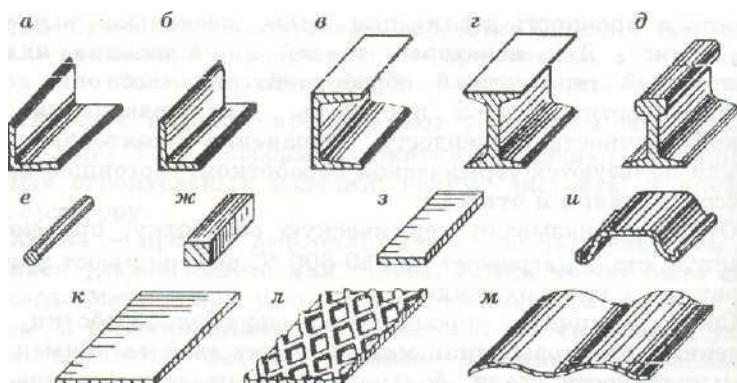


Рис. 5.1 – Прокатні вироби із сталі різного профілю: *а* — кутикова рівнобока;

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. 5.1).

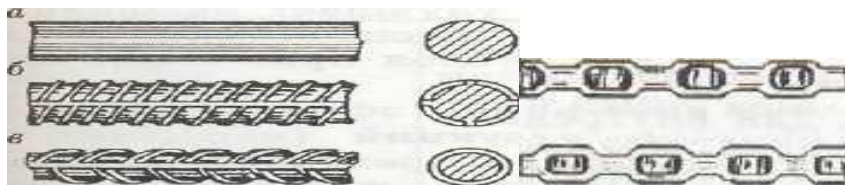


Рис. 5.2 – Види арматурної сталі:

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...450 мм. Металочерепиця відрізняється високими експлуатаційними характеристиками, у тому числі високою корозійною стійкістю, довговічністю та здатністю до пластичного деформування.

5.4. 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 657°C , має підвищену стійкість до корозії, високу тепло- і електропровідність. Щільність алюмінію — 2700 кг/м^3 , міцність на розтягнення — $90\text{...}120\text{ МПа}$. У чистому вигляді застосовується для виливки 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 високої теплопровідністю, незначною міцністю на розтягнення 180...240 МПа, температура плавлення – 1080⁰С. Мідь використовується у вигляді сплавів : *латуні й бронзи*. *Латунь* – сплави міді з цинком(10...40 %). Добре піддається прокату, штампуванню і витягувань. 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 залізовуглецевих 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 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, силікатної цегли, азбестоцементу і т.д.

Неорганічні в'яжучі застосовувалися ще в стародавності. Так, при будівництві морських споруд у I 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'явилось 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, магнезіальні, вапняні в'яжучі, рідке скло. **Гідравлічні в'яжучі** тверднуть та зберігають міцність не тільки на повітрі, але й у воді. За хімічним складом гідравлічні в'яжучі являють собою складну оксидну систему – $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$. До гідравлічних в'яжучих відносять: портландцемент і його різновиди, глиноземистий цемент і його різновиди, гідравлічне вапно і романцемент.

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

6.2. Повітряні в'яжучі речовини

6.2.1. Гіпсові в'яжучі речовини

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

Сировиною для одержання гіпсових в'яжучих найчастіше служить природний гіпсовий камінь, що переважно складається з мінералу гіпсу $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ а також ангідрит CaSO_4 , відходи промисловості (фосфогіпс, борогіпс).

В основу класифікації гіпсових в'яжучих покладена температура теплової обробки. **Низьковипалювальні** гіпсові в'яжучі виготовляють тепловою обробкою природного гіпсу при температурі 110-180°C. При зазначеному температурному режимі відбувається дегідратація сировини з одержанням напівгідрату $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$:



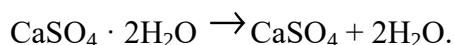
До **низьковипалювальних** гіпсових в'яжучих відносять будівельний, високоміцний і формувальний гіпс.

Будівельний гіпс складається в основному з кристалів β -модифікації $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, містить частки сировини, що не розклалася, і незначну кількість CaSO_4 . 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 $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, 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'яжучі (естрих-гіпс) одержують шляхом випалу гіпсового каменю при високих температурах 600-900°C.

При вказаній температурній обробці сировини відбувається повна дегідратація з утворенням ангідриту CaSO_4 :



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'яжучих оцінюються визначенням тонкості помелу, водопотреби, строків тужавлення, міцності при згині й стиску, водостійкості. *Істинна щільність* гіпсових в'яжучих – 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'яжучі 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'яжучих встановлено 12 марок за міцністю при стиску (МПа): Г-2, Г-3, Г-4, Г-5, Г-6, Г-7, Г-10, Г-13, Г-16, Г-19, Г-22, Г-25, де цифра означає нормовану межу міцності при стиску. Маркування гіпсу здійснюється з урахуванням його міцності, строків тужавлення та тонкості помелу, наприклад гіпсова в'яжуча речовина з позначкою Г-5-А-ІІ ДСТУ 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'яжучі застосовують для виготовлення гіпсобетонних виробів(перегородкові панелі), сухої штукатурки, штукатурних розчинів, гіпсоцементнопуццоланових в'яжучих (ГЦПВ) а також для виробництва ГКЛ(гіпсокартонних листів).

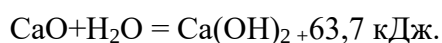
6.2.2. Повітряне вапно

Повітряне вапно (ДСТУ Б В 2.7-90-99) – продукт помірною випалу кальцієво-магнієвих карбонатних гірських порід (вапняку, крейди, вапняку- черепашника, 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 CO₂ (що складає 44% від маси CaCO₃):
$$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2.$$

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 (CaO+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:



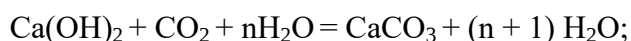
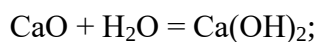
Вапно гасять у гідраторах періодичної або безперервної дії. Залежно від характеру наступної обробки грудкового вапна (скільки води витрачається для гашення) одержують три різних продукти:

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

вапняне тісто – тістоподібний продукт, що містить 50% твердих часток Ca(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 Ca(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 $MgO + CaCO_3$* одержують шляхом помірного випалу ($750-850^{\circ}C$) магнезиту: $MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2$.

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, гідратируючихся 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 $900-1000^{\circ}C$ мергелистих вапняків із вмістом до 20% глинистих домішок. При цій температурі сировинні матеріали розкладаються з утворенням вільних оксидів CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , 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 SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 .

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: **мокрый** (помел і змішання сировини роблять у воді до одержання однорідного шламу, що містить до 40% води), **сухий** (матеріали подрібнюють і перемішують у сухому вигляді до отримання сировинного борошна) 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%.

Трикальцієвий 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%. Чотирикальцієвий 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 – III – 400Р – ПЛ ДСТУ Б В 2.7.-46-96** – це портландцемент марки М 400 з добавкою до 20% шлаку, пластифікований, швидкотверднучий.

6.3.3. Спеціальні види портландцементу

З метою надання портландцементу спеціальних властивостей, розширивши тим самим його застосування в будівництві, змінюють ступінь подрібнювання, коректують використовувана сировина, 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) цементи 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 М300, М400, М500.

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 ШТЦ-Б забезпечується вмістом у клінкері $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ звичайно не менше 60-65%, підвищеною тонкістю помелу до питомої поверхні $3500 - 4000 \text{ см}^2/\text{м}$. 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, асидолмилонафты, 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, водопроникності і морозостійкості бетонів. Застосовують у гідротехнічному, дорожньому і аеродромному будівництві.

- в'яжуче низької водопотреби (ВНВ) одержують спільним помелом портландцементного клінкера із суперпластифікатором, що дозволяє отримати питому поверхню цементу 4500-5000 см²/м. 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 СППЦ 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 гідралічне, швидкотверднуче в'язуче, одержуване із сировинних матеріалів з високим вмістом глинозему Al_2O_3 . Для мінералогічного складу глиноземистого цементу характерний переважний вміст низькоосновних алюмінатів кальцію, головним з яких є моноалюмінат $CaOAl_2O_3$. Саме ця група мінералів визначає надзвичайно швидке твердіння цементу. Вже в тридобовому віці цементний камінь має міцність від 400 до 600 $кг/см^2$. Глиноземистий цемент застосовують для бетонування масивних конструкцій, його твердіння можливе тільки при помірних температурах не вище $25^\circ C$. 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 гідралічні в'язучі матеріали?
2. Розповісти про міцність і швидкість твердіння в'язучих.
3. Які сировинні матеріали використовують для виробництва неорганічних в'язучих?
4. За якими показниками маркують гіпсові й вапняні в'язучі?
5. Як отримують повітряне вапно, які існують його різновиди?
6. Як отримують гіпсові в'язучі?
7. Які мінерали складають цементний клінкер?
8. Назвіть активні мінеральні добавки, які використовують у виробництві цементів?
9. У чому розходження гідралічного і повітряного вапна?
10. Розповісти про виробництво портландцементу.
11. Як визначають марку і активність портландцементу?
12. Розповісти про різновиди портландцементу.

Розділ 7. ШТУЧНІ МАТЕРІАЛИ Й ВИРОБИ НА ОСНОВІ МІНЕРАЛЬНИХ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН

7.1 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/м^3);
- полегшені (середня щільність $1400...1650 \text{ кг/м}^3$);
- важкі (середня густина більше 1650 кг/м^3).

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 $0,6 \text{ г/см}^2$), 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 портландцементом 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 90^0 . Довговічність даху з бетонної черепиці становить близько 100 років. Недоліком бетонної черепиці є відносно велика маса: 1 м^2 покриття важить $40...50 \text{ кг}$.

7.2. Залізобетон

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

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 кутиків і смуг. На відміну від бетонних металеві конструкції добре витримували розтяг і згин, але на відкритому повітрі корозували. 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 французького 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 залізобетонні плити і перегородки. Широке застосування залізобетону в Європі стало можливе завдяки німецькому інженеру Вайсу, який викупив патенти Моньє, продовжив дослідження і правильно розташував арматуру в нижню зону балки чи плити. Винахід залізобетону зробив справжню революцію в будівництві, дозволивши ліквідувати безліч ускладнень, які до цього здавалися нездоланими. Універсальність залізобетонної конструкції забезпечують такі фактори:

1. бетон добре працює на стиск, але погано витримує розтяг;
2. арматура компенсує зазначений недолік бетону, знаходячись у розтягнутій зоні конструкції сприймає напруження, що розтягують (рис. 13.1);
3. бетон захищає сталеву арматуру від корозії і дії високих температур;
4. спільній дії сталевій арматурі і бетону сприяє добре зчеплення на межі розділу;
5. коефіцієнти температурного розширення бетону і сталі приблизно однакові.

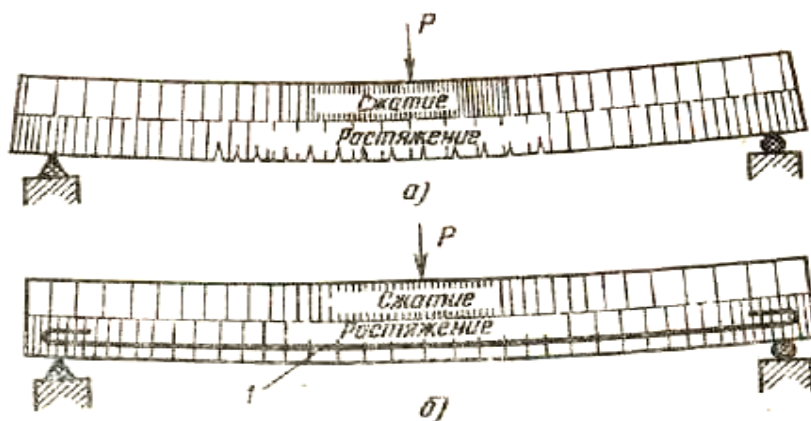


Рис. 13.1. - Неармована бетонна (а) і армована залізобетонна (б) балка;
1 – арматури

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 розтягти, 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 арматур 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. 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, нереміщуваних формах, твердіють вони на місці формування. Його доцільно використовувати для виготовлення таких великорозмірних виробів, як ферми, перенапружені великорозмірні балки. За касетною технологією виготовляють плити перекриттів, панелі внутрішніх стін і перегородок. Формування і твердіння виробів відбувається у вертикальній формі-касеті, що складається з ряду відсіків, утворених сталевими вертикальними стінками, постаченими паровими сорочками для прогріву бетонних виробів. Достоїнством цього методу є скорочення виробничих площ. *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 кабінки, 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, тюрбінги, 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.

7.3. 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 водопроникність, 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 XX 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 цементи (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 магнію. Утворився в результаті дії геотермальних вод на основні магматичні гірські породи. 95% світового видобутку азбесту приходить на *хризотил-азбест* – гідросилікат магнію $3\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{H}_2\text{O}$. 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.⁰С), стійкістю до підвищених температур (нагрів до 400...500⁰С), 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/м³) 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 слабоагресивних середовищах. Довжина панелей досягає 6000 мм, ширина – до 1500, товщина змінюється від 60 до 200 мм. *Екструзійні панелі* застосовують для пристрою безгорищних 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.

7.4. Матеріали й вироби 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-золю цеглу. Вапняно-золю та вапняно-шлакову цегли отримують за технологією виробництва силікатної цегли і використовують при зведенні стін будинків висотою не більше трьох поверхів.

7.5. 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.

Контрольні запитання

1. Яку роль у залізобетоні відіграє бетон, а яку арматура?
2. Розповісти про напружено-армований бетон.
3. У чому принципове розходження монолітного і збірного залізобетону?
4. Як на заводах збірного залізобетону прискорюють твердіння бетону?
5. Розповісти про основні види збірних залізобетонних виробів. Чим відрізняється стінова панель від стінового блоку?
6. Що таке азбестоцемент, які матеріали його складають?
7. Які азбестоцементні вироби та конструкції вам відомі?
8. Назвіть матеріали й вироби на основі вапняних в'язучих?
9. Які матеріали й вироби на основі гіпсових в'язучих вам відомі?

Розділ 8. ЗАПОВНЮВАЧІ ДЛЯ РОЗЧИНІВ І БЕТОНІВ

8.1. 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.

8.2. 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 (відмуджуванням). 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 їдкого 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.

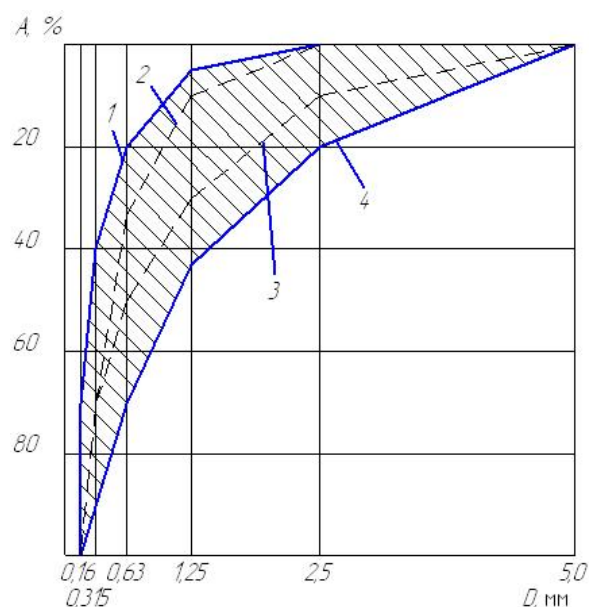


Рис. 8.1. - Графік зернового складу піску:

1 — допустима нижня межа крупності піску ($M_k \sim 1,5$); 2— рекомендована нижня межа крупності піску ($M_k = 2,0$) для бетонів класу B15 і вище; 3 — рекомендована нижня межа крупності піску ($M_k = 2,5$) для бетонів B25 і вище; 4 — допустима верхня межа крупності піску ($M_k = 3,25$) для розчинів і бетонів (заштрихована область — піски, допустимі для використання)

8.3. 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.12.5).
Таблиця 8. 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, пилуваті, 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.

8.4. 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 ($120\ldots600\text{кг/м}^3$) має порівняно високу міцність. Випускають у вигляді гравію (гранули $5\ldots40\text{мм}$) і піску (зерна менше 5 мм). Марка керамзиту встановлюється залежно від насипної щільності – від 250 до 600 кг/м^3 .

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 $100\ldots500\text{ кг/м}^3$ й пісок з насипною щільністю $100\ldots600\text{ кг/м}^3$.

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 установлюється зернове сполучення піску й щебенів?
- Як розрахувати модуль крупності піску?
- У чому розходження між гравієм і щебнями?

Розділ 9. БЕТОНИ

9.1. 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'яжучим 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).

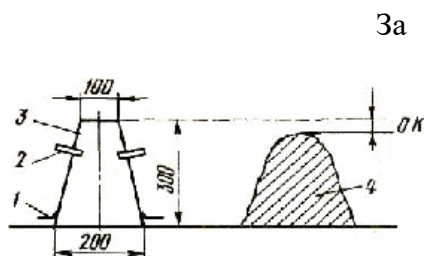


Рис.9.1 - Визначення рухливості бетонних сумішей за осадкою конуса (ОК): 1 — опори; 2 — ручки; 3 — форма-конус; 4 — бетонна суміш

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

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

коррозійностійкі

т.д.).

За **видом заповнювача** :

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

За **умовами тверднення**:

- *бетони природного тверднення*, тверднучі при температурі 15...20°С і атмосферному тиску;

- бетони, що зазнають *теплової обробки* ($70...90^{\circ}\text{C}$) при атмосферному тиску, з метою прискорення твердіння;
- бетони *автоклавної обробки*, тверднучі при температурі $175...200^{\circ}\text{C}$ і тиску пару $0,9...1,6$ МПа.

9.2. 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 загуснути 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.

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 тіксотропного 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.

9.3. 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 низькою.

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:

$$R_b = A R_c (C/B)^{0,5},$$

де R_c – активність(марка) цементу, кг/см^2 , C/B – співвідношення цементу й води; A – коефіцієнт, що залежить від якості заповнювачів.

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

$$0,4) C/B = A \geq \text{для пластичних сумішей (при } C/B_1 R_c / R_b + 0,5 A_1 R_c;$$

$$0,4) C/B = A < \text{для особливо твердих сумішей (при } C/B_2 0,5 A - R_c / R_b_2 R_c;$$

Таблиця 9.1 - 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.9.2).

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

$$C = B: (C/B).$$

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

$$\rho_1) C/c \rho + B + П/п \rho + Ш/ш = 1,$$

де $C, B, П, Ш$ (Г), - витрата цементу, води, піску і щебенів (гравію), кг ;

$\rho_c, \rho_p, \rho_{ш}$ - дійсні щільності цементу, піску, щебенів (гравію), кг/м^3 .

Дане рівняння показує, що об'єм 1 м^3 щільно покладеної суміші складається з абсолютних об'ємів цементу, піску, води й щебенів (гравію).

$$\text{К} \alpha 2) \text{ раз } \rho_{Ш/ш \text{ .нас.}} \rho = C/c \rho + B + П/п,$$

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

Таблиця 9.3 - Коефіцієнт розсунення зерен $K_{\text{раз}}$ залежно від витрати цементу і В/Ц відношення для пластичних сумішей

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 1 м^3 бетону):

$$\text{щебенів(гравію)} \quad K_{\text{Щ(Г)}} = 1 / (\text{раз} \cdot \rho / \rho_{\text{щ.нас.}} + 1 / \rho_{\text{щ}}),$$

$$\text{піску} \quad \rho_{\text{П}} = [1 - (\text{Щ} / \rho_{\text{щ}} + \text{Ц} / \rho_{\text{ц}} + \text{В})] \cdot \rho.$$

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

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

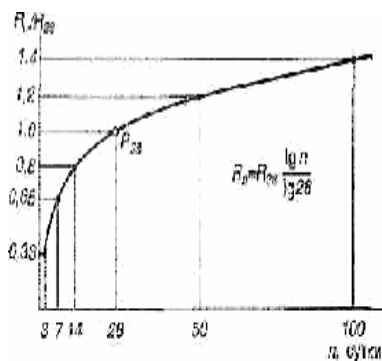


Рис. 9.2 - Зміна міцності бетону в часі в умовах нормального твердіння: R — марочна міцність бетону; n — час твердіння, діб

рухливості. На великі відстані транспортування здійснюється у спеціальних машинах — бетоновозах, що мають грушоподібну ємкість. У зимовий час повинен бути передбачений підігрів перевезеної бетонної суміші.

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.

9.4. Твердіння бетону

Нормальний ріст міцності бетону відбувається при позитивній температурі (15...25° С) 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° С. При цьому час твердіння залізобетонних виробів до набору ними відпускної 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) цементі. 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.

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 $(20 \pm 2)^\circ \text{C}$ 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 тієї ж 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 $R_{cp} = B / 0,778$,

де В – клас бетону, МПа;

R_{cp} – середня міцність бетону на стиск, 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 водопоглинення важких бетонів на щільних заповнювачах досягає 4...8 % за масою (10...20 % за обсягом). У легких і ячеїстих бетонів цей показник значно вище.

Велике водопоглинення негативно позначається на морозостійкості бетону. Для зменшення водопоглинення 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/(м $\cdot^{\circ}\text{C}$), 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/(м $\cdot^{\circ}\text{C}$) 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).

9.6. Легкі бетони

Легкі бетони (на початку XX 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 XX 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.

9.6.1. 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 SiO_2 , 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/м^3) від D200 до D2000 (з інтервалом 100 кг/м^3). Знижена щільність легких бетонів може бути досягнута поризацією цементного каменю. Теплопровідність легкого бетону залежить від його щільності й вологості (табл.9.4). Збільшення об'ємної вологості на 1 % підвищує теплопровідність бетону на $0,015\ldots 0,035 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$. Таблиця 9.4 - Середні значення теплопровідності легких бетонів

Бетон	Теплопровідність, $\text{Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$, 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	
Шлакопемзобетон				0,35		0,5	0,6	

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).

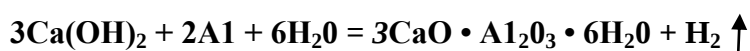
9.6.2. Ніздрюваті бетони

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 устанавлюється 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:



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.9.5.) 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.9.5.). Тому при використанні ячеїстого бетону в конструкціях, що огорожують, його зовнішню поверхню необхідно захищати від контакту з водою чи гідрофобізувати.

Таблиця 9.5 - 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.

9.6.3. 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 покрить будинків.

9.7. 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 поглинаючи 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?

Розділ 10. БУДІВЕЛЬНІ РОЗЧИНИ Й СУХІ БУДІВЕЛЬНІ СУМІШІ

10.1. 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 Вавилону 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, яєчний 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.

10.2. 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**.

10.2.1. 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.

10.2.2. Властивості розчинних сумішей і затверділих розчинів
Якість розчинної суміші характеризується: **рухомістю, водоутримувальною здатністю, водовідділенням та розширюванням** (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. 10.1 наведені марки розчинової суміші за рухомістю.

Таблиця 10.1 - Марки розчинової суміші за рухомістю

Марки розчинової суміші за рухомістю	Глибина занурення конуса, см	Призначення розчинової суміші
П 4	Від 1 до 4 включно	Бутова кладка, ущільнення вібруванням
П 8	Вище 4 до 8	Бутова кладка звичайна із порожнистої цегли і каменю,

	включно	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 12 включно	Кладка із звичайної цегли і різного виду каменя штукатурні й облицювальні роботи.
П 14	Вище 12 до 14 включно	Заповнення 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 малої **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 порошків(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 x70,7x70,7мм. Випробовувані зразки твердіють на повітрі 28 доби при температурі $(20\pm5)^0$ С. За міцністю на стиск,вираженою в кгс/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:

$$R = 0,4 R_{ц} (Ц/В - 0,3),$$

де $R_{ц}$ - активність цементу;

Ц/В- цементно-водяне відношення;

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

$$R = k R_{ц} (Ц - 0,05) + 4,$$

де Ц- 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.

10.2.3. 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 приходить 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.

10.2.4. 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).

10.3. 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 робочий 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.

10.3.1. 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 нафталінсульфокислоти 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.

10.3.2. 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 багат шарове 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(фузи) – 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. Області 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.

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 поєднують 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 ($1000^0 - 1300^0$) чи напівкоксуванням ($500^0 - 600^0$), 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 $300^0 - 360^0\text{C}$.
- п е к - твердий, 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 т а і н .

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:

- т е м п е р а т у р а р о з м ' я к ч е н н я, що характеризує теплостійкість і ступінь розм'якшення бітумів при нагріванні (прилад « Кільце і куля» (рис. 11. 1);
- т в е р д і с т ь, знаходять за глибиною проникання в бітум голки приладу пенетрометра (рис. 11. 2.);
- р о з т я ж и м і с т ь (дуктильність) характеризується абсолютним подовженням зразка бітуму при температурі 25^0C , встановленим на приладі дуктилометра (рис. 11.3.).

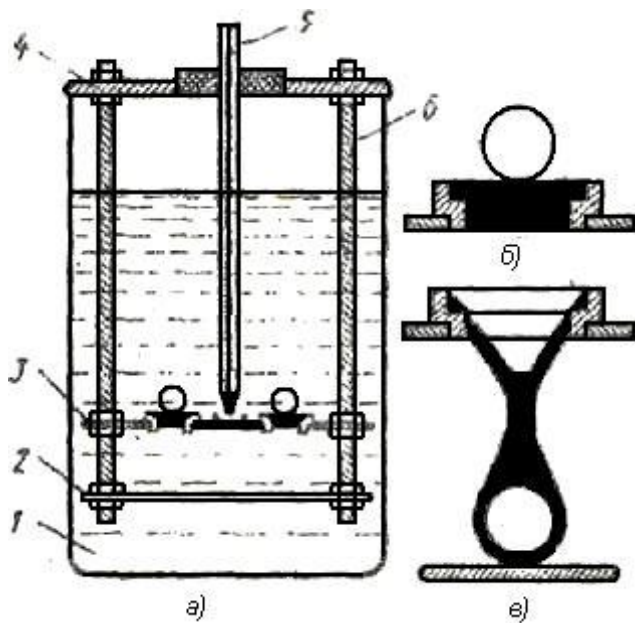


Рис. 11.1 - Визначення температури розм'якшення бітуму:

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; 6 — кріпильні стрижні

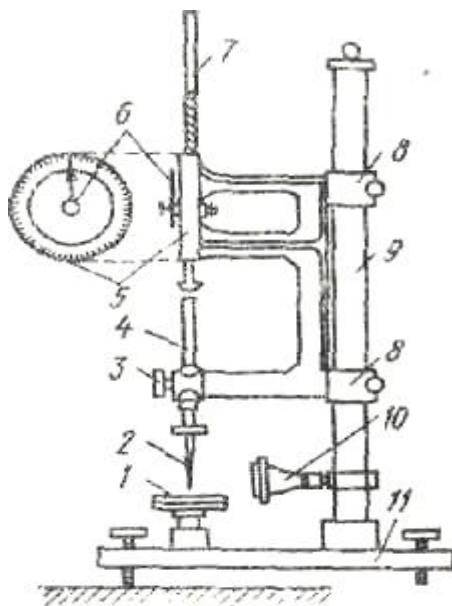


Рис. 11.2 - Визначення твердості бітуму:

1 - столик; 2 - голка; 3 - затискний пристрій; 4 - стрижень голкотримача; 5 - циферблат; 6 - стрілка; 7 - штанга; 8 - штатив; 9 - штатив; 10 - дзеркало; 11 - підставка

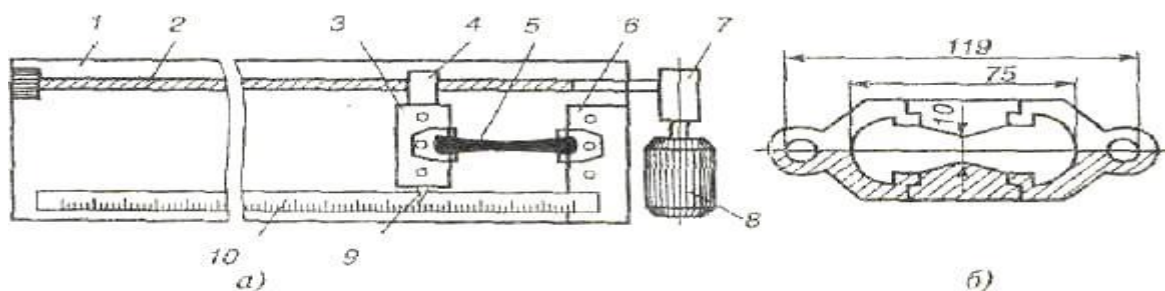


Рис. 11.3 - Визначення розтяжності бітуму:

а — дуктилометр; *б* — розбірна форма; 1 — ящик з оцинкової сталі; 2 — гвинт; 3 — ползки; 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 90^0 , твердість 10^0 і 40^0 , відповідно БНД -130/220- бітум нафтовий дорожній з температурою розм'якшення 130^0 і твердістю 220^0 . 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 о к л е-ю в а л ь н у і о б м а з у в а л ь н у. Для виконання обклеювальної гідроізоляції застосовують рулонні покрівельні матеріали, що можуть бути о с н о в н и м и (руберойд, склоруберойд, фольгоруберойд, гідроізол) і б е з о с н о в н и м и (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 (ГОСТ 7415) – безпокровний 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 покрівельного шару бітуму і посипання.

Лінкром (ТУ 5774-002-13157915-98) – 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-бутадієн, стирол-бітум). Міцність уніфлексу при розтягу в разі використання як основи склотканини – до 8 Мпа, склополотна- до 6 Мпа, абсолютна водонепроникність, температура розм'якшення - + 100 С . Модифікатором бітуму є каучук стирол-бутадієн-стирол (СБС).

Техноеласт(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, мастику 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-бумітно-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 (120°C), теплі (70°C), і холодні, приготовлені на рідких бітумах чи бітумних емульсіях, які укладають при температурі навколишнього середовища не нижче 5°C .

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°C міцність асфальтобетону складає 2,2...2,4 МПа, то при 50°C — 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 $140...170^{\circ}\text{C}$ 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 *дьогтьових 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 дьогтів? 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 дьогтьових 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?

Розділ 12. ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ

1. Загальні відомості

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

Пізніше, в 1872 р. німецький хімік Байєр шляхом з'єднання фенолу з формальдегідом у присутності соляної кислоти синтезувала нову полімерну речовину, яка швидко завоювала популярність. На основі фенольних смол і сьогодні одержують високоміцні, хімічно стійкі, електроізоляційні вироби, що з успіхом замінюють металеві. У наступні роки було синтезовано багато нових полімерів і пластмас. Велике поширення одержали прозорі пластмаси, що замінюють 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), стійки 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.

12.2. 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 :

- *ка р б о л а н ц ю г о в і*, молекулярні ланцюги, які складені з атомів карбону(поліетилен, поліпропілен, поліізобутилен);

- *г е т е р о л а н ц ю г о в і*, до складу молекули яких, крім атомів карбону, входять атоми кисню, сірки, азоту (епоксидні, поліуретанові, поліефірні полімери);

- *е л е м е н т о р г а н і ч н і*, до складу молекул яких входять атоми кремнію, титану, алюмінію, що не входять до складу органічних сполук.

Стосовно температурних впливів:

- *т е р м о п л а с т и ч н і* (поліетилен, полістирол тощо), здатні оборотно розм'якшуватися при нагріванні й затвердівати при охолодженні зі збереженням основних властивостей;

- *т е р м о р е а к т и в н і* (фенолформальдегідні, карбамідні та ін), полімери, які після затвердіння при нагріванні не переходять у пластичний стан.

12.3. Склад і властивості пластмас

12.3.1. 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.

12.3.2. 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;

12.4. 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 обігрівають, зазначений спосіб застосовується в основному при переробці термореактивних полімерів і композицій на їхній основі;

- **лиття просте**, 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).

12.5. 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.

12.5.1. 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 оболонок, 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 м² покриття становить 7-20 кг. Пневматичні оболонки застосовують для покриття ринків, спортивних залів.

Полімербетон являє собою композиційний матеріал, що складається з високомолекулярних смол, дрібного й великого 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 100⁰. 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. Мономери полімеризуються в порах бетону, тим самим забезпечуючи високу щільність і корозійну стійкість конструкцій.

12.5.2. 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.

12.5.3. 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, гігієнічності, декоративності, 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.

12.5.4. 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**

Їхня частка в загальному обсязі теплоізоляційних матеріалів досягає 20 %. Вони відрізняються високими експлуатаційними характеристиками, довговічність і технологічність. За зовнішнім виглядом і 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 • °C); 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 пінополівінілхлориду 35...70 кг/м^3 , теплопровідність - 0,04...0,054 Вт/(м • °C). Теплостійкість пінополівінілхлориду — 130...140° C; 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?

Розділ 13. ЛАКОФАРБОВІ МАТЕРІАЛИ

13.1. 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.

13.2. 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 творять 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;

- **с и н т е т и ч н і** 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;

- **в о д н і д и с п е р с і ї п о л і м е р і в** - 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 (табл.. 13.1.)

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.

13.3. Маркування лакофарбових матеріалів

Маркування фарбових матеріалів (ГОСТ 24404) виконують з позначенням виду, природи плінкоутворюючого 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 аббревіатури):
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 и 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.

13.4. Види лакофарбових матеріалів

Грунтовки – 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.

Шпаклівки – 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; - **воднодисперсійні фарби** – це пігментовані емульсії полімерів у воді, складаються з двох незмішуваних рідин, в яких частинки однієї розподілені в іншій. Властивості воднодисперсійних лакофарбових матеріалів залежать від виду полімерів. Найбільш широко використовують фарби на основі вінілацетату, стирол-бутадієнової емульсії. Воднодисперсійні 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, алкидних і вінілхлоридних є еластичними і паропроникними, мають підвищену атмосферостійкість, водостійкість. Термін служби близько 10 років.

Алкидні фарби набули найбільшого розповсюдження в будівництві. Зв'язуючим для них є алкидна 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?

«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 *tropo* – 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 використаної літератури

1. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К. Будівельне матеріалознавство. – К.: ТОВ УАВК «Екс Об», 2004. – 704 с.
2. Захарченко П.В., Долгий Е.М. Сучасні композиційні будівельно – оздоблювальні матеріали . – К.: КНУБА, 2005. – 512 с.

Матеріалознавство [Текст] : конспект лекцій для здобувачів освіти освітньо професійного ступеня: фаховий молодший бакалавр, галузь знань 19 Архітектура та будівництво, спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія за освітньо-професійною програмою «Опорядження будівель і споруд та будівельний дизайн» денної форми навчання/ уклад. С.М.Данилік – Любешів: ВСП «Любешівський ТФК Луцького НТУ», 2023. – 123с.

Комп'ютерний набір і верстка :	С.М.Данилік
Редактор:	С.М.Данилік

Підп. до друку _____ 2023 р. Формат А4.

Папір офіс. Гарн.Таймс. Умов.друк.арк. ____

Обл. вид. арк. ____ Тираж 15 прим.