

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

А. А. БАРАНОВА

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

«БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

*(для студентів 2 курсу денної, заочної форм за напрямом підготовки 6.060101
«Будівництво» і слухачів другої вищої освіти спеціальності
7.06010108 «Теплогазопостачання і вентиляція»)*

Харків
ХНУМГ
2013

Баранова А. А. Конспект лекцій з дисципліни «Будівельне матеріалознавство» (для студентів 2 курсу денної, заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво» і слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.06010108 «Теплогазопостачання і вентиляція») / А. А. Баранова; Харк. нац. ун-т міськ. гос-ва ім. О. М. Бекетова. – Х. : ХНУМГ, 2013. – 124 с.

Автор: А. А. Баранова

Рецензент: д. т. н., проф. О. В. Кондращенко

Рекомендовано кафедрою технологій будівельного виробництва та будівельних матеріалів, протокол № 1 від 30.08.2011 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
Лекція 1. КЛАСИФІКАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ І ВИРОБІВ. ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	8
1.1. Загальні відомості.....	8
1.2. Фізичні властивості.....	11
1.3. Механічні властивості.....	14
1.4. Хімічні властивості.....	17
1.5. Технологічні властивості.....	17
Завдання для самостійної роботи.....	18
Лекція 2. ПРИРОДНІ КАМ'ЯНІ МАТЕРІАЛИ.....	19
2.1. Характеристика породотвірних мінералів.....	19
2.1.1. Група кварцу.....	19
2.1.2. Група алюмосилікатів.....	20
2.1.3. Група залізисто-магнезійних силікатів.....	20
2.1.4. Група карбонатів.....	20
2.1.5. Група сульфатів.....	21
2.2. Будова та властивості гірських порід різного походження.....	21
2.2.1. Вивержені породи.....	21
2.2.2. Осадкові породи.....	22
2.2.3. Метаморфічні породи.....	22
2.3. Класифікація та характеристика матеріалів і виробів із природного каменю	23
2.4. Використання відходів видобутку й обробки гірських порід.....	25
Завдання для самостійної роботи.....	25
Лекція 3. МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ З ДЕРЕВИНИ.....	26
3.1. Загальні відомості.....	26
3.2. Будова деревини.....	26
3.3. Мікроструктура та хімічний склад.....	26
3.4. Деревні породи.....	27
3.5. Основні властивості деревини.....	28
3.6. Біокомпозити та композиційні матеріали на основі відходів переробки деревини.....	30
3.7. Захист деревини від гниття та займання.....	30
Завдання для самостійної роботи.....	31
Лекція 4. КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ.....	32
4.1. Класифікація керамічних матеріалів.....	32
4.2. Сировина для виробництва керамічних матеріалів.....	33
4.3. Матеріали для декорування (глазур, ангоби, керамічні фарби).....	34
4.4. Основи технології керамічних матеріалів і виробів.....	34
4.5. Характеристика керамічних виробів різного призначення.....	35
4.5.1. Стінові вироби.....	35
4.5.2. Вироби спеціального призначення.....	36
Завдання для самостійної роботи.....	36

Лекція 5. МІНЕРАЛЬНІ РОЗПЛАВИ ТА ВИРОБИ НА ЇХНІЙ ОСНОВІ І МЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ.....	37
5.1. Матеріали з мінеральних розплавів.....	37
5.1.1. <i>Сировина, технологія отримання та властивості скла</i>	37
5.1.2. <i>Матеріали та вироби зі скла</i>	40
5.1.3. <i>Склокристалічні матеріали</i>	41
5.1.4. <i>Матеріали та вироби із кам'яного литва</i>	41
5.2. Металеві матеріали.....	42
5.2.1. <i>Загальна характеристика металів</i>	42
5.2.2. <i>Основні властивості металів</i>	43
5.2.3. <i>Фізико-хімічні основи отримання чорних металів і сплавів на їхній основі</i>	43
5.2.4. <i>Класифікація та характеристика чавунів</i>	44
5.2.5. <i>Класифікація вуглецевих сталей</i>	44
5.2.6. <i>Вироби зі сталі</i>	45
5.2.7. <i>Кольорові метали та сплави й матеріали на їхній основі</i>	46
Завдання для самостійної роботи.....	47
Лекція 6. ПОВІТРЯНІ В'ЯЖУЧІ МАТЕРІАЛИ.....	48
6.1. Фізико-хімічні закономірності формування складу та структури мінеральних в'яжучих речовин	48
6.2. Класифікація неорганічних в'яжучих речовин.....	48
6.3. Повітряні в'яжучі речовини.....	48
6.3.1. <i>Технічні характеристики гіпсових в'яжучих</i>	50
6.3.2. <i>Повітряне будівельне вапно</i>	51
6.3.3. <i>Магнезіальні в'яжучі речовини</i>	53
Завдання для самостійної роботи.....	53
Лекція 7. ГІДРАВЛІЧНІ В'ЯЖУЧІ МАТЕРІАЛИ.....	54
7.1. Гідравлічні в'яжучі речовини.....	54
7.2. Виробництво портландцементу.....	55
7.3. Хіміко-мінералогічний склад і властивості портландцементу.....	56
7.4. Корозія цементного каменю.....	59
7.5. Різновиди цементу.....	60
7.6. Транспортування і зберігання в'яжучих матеріалів.....	67
Завдання для самостійної роботи.....	67
Лекція 8. БЕТОНИ ТА ЇХНЄ ВИКОРИСТАННЯ.....	68
8.1. Загальні відомості. Класифікація бетонів.....	68
8.2. Властивості бетонної суміші.....	69
8.3. Основи технології бетону.....	71
8.4. Твердіння бетону.....	72
8.5. Основні властивості важкого бетону.....	73
8.6. Легкі бетони.....	75
8.6.1. <i>Легкі бетони на поруватих заповнювачах</i>	76
8.6.2. <i>Комірні бетони</i>	77
8.6.3. <i>Крупнопоруватий бетон</i>	78
8.7. Спеціальні види бетонів.....	78
Завдання для самостійної роботи.....	79

Лекція 9. БУДІВЕЛЬНІ РОЗЧИНИ Й СУХІ БУДІВЕЛЬНІ СУМІШІ...	80
9.1. Загальні відомості.....	80
9.2. Будівельні розчини.....	80
9.2.1. <i>Матеріали для виготовлення розчинних сумішей</i>	81
9.2.2. <i>Властивості розчинних сумішей і затверділих розчинів</i>	82
9.2.3. <i>Добір складу, приготування і транспортування розчинів</i>	83
9.2.4. <i>Види будівельних розчинів</i>	83
9.3. Сухі будівельні суміші.....	84
9.3.1. <i>Класифікація сухих будівельних сумішей і характеристика вихідних матеріалів</i>	85
9.3.2. <i>Характеристика сухих будівельних сумішей різного призначення.</i>	85
Завдання для самостійної роботи.....	87
Лекція 10. ЗАЛІЗОБЕТОН.....	88
10.1. Загальні відомості.....	88
10.2. Матеріали для залізобетону.....	90
10.3. Класифікація залізобетонних виробів.....	90
10.4. Виробництво залізобетонних конструкцій.....	91
10.5. Формування залізобетонних виробів.....	94
Завдання для самостійної роботи.....	95
Лекція 11. ШТУЧНІ КАМЕНІ НА ОСНОВІ В'ЯЖУЧИХ МАТЕРІАЛІВ.....	96
11.1. Матеріали й вироби на основі портландцементу.....	96
11.2. Азбестоцементні вироби й конструкції.....	97
11.3. Матеріали й вироби на основі вапняних в'язучих речовин.....	99
11.4. Матеріали й вироби на основі гіпсових в'язучих речовин.....	100
Завдання для самостійної роботи.....	101
Лекція 12. ОРГАНІЧНІ В'ЯЖУЧІ МАТЕРІАЛИ.....	102
12.1. Особливості утворення в'язучих речовин органічного походження та їхня класифікація.....	102
12.2. Бітумні в'язучі речовини.....	102
12.3. Дьогтьові в'язучі речовини.....	104
12.4. Асфальто- та дьогтебетони.....	104
12.5. Характеристика матеріалів на основі бітумних та дьогтьових в'язучих речовин.....	105
Завдання для самостійної роботи.....	106
Лекція 13. ЛАКОФАРБОВІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ.....	107
13.1. Особливості композиційної побудови лакофарбових матеріалів і покриттів.....	107
13.2. Класифікація лакофарбових матеріалів.....	108
13.3. Характеристика основних компонентів лакофарбових матеріалів.....	109
Завдання для самостійної роботи.....	111
Лекція 14. ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ.....	112
14.1. Загальні відомості.....	112
14.2. Класифікація полімерних речовин і матеріалів на їхній основі.....	112
14.3. Основні властивості полімерних матеріалів (пластмас).....	113
14.4. Технологія виробництва пластмас.....	114

14.5. Застосування полімерних матеріалів і виробів.....	115
14.5.1. <i>Конструкційні полімерні матеріали</i>	115
14.5.2. <i>Опоряджувальні полімерні матеріали</i>	116
14.5.3. <i>Полімерні матеріали для покриттів підлог</i>	117
14.5.4. <i>Теплоізоляційні полімерні матеріали</i>	117
Завдання для самостійної роботи.....	118
Лекція 15. ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ Й АКУСТИЧНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ.....	119
15.1. Загальні відомості.....	119
15.2. Класифікація теплоізоляційних матеріалів.....	119
15.3. Неорганічні теплоізоляційні матеріали та вироби.....	120
15.4. Органічні теплоізоляційні матеріали та вироби.....	121
15.5. Акустичні матеріали.....	122
Завдання для самостійної роботи.....	123
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	124

ВСТУП

Дисципліна вивчає будівельні матеріали та вироби, їхнє значення для розвитку будівництва й у підвищенні ефективності капіталовкладень. Приділяється увага таким питанням: класифікація будівельних матеріалів, їхній склад і структура, корозія матеріалів, економія паливно-енергетичних ресурсів, використання вторинної сировини та охорона довкілля при виробництві будівельних матеріалів. Розглядаються принципові питання технології виробництва найважливіших будівельних матеріалів, засоби підвищення їхньої довговічності.

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

Вивчення цієї дисципліни безпосередньо спирається на такі курси: «Будівлі та споруди», «Будівельні машини і транспорт», На цю дисципліну безпосередньо спирається вивчення курсу «Будівельні конструкції».

Лекція 1

КЛАСИФІКАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ І ВИРОБІВ. ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Надійність споруд і техніко-економічна ефективність будівництва значною мірою залежать від правильного вибору матеріалів. Сучасне будівництво має у своєму розпорядженні широку номенклатуру матеріалів, вибір яких визначається характером конструкцій, умовами їхньої роботи й техніко-економічними показниками.

Однією з основних завдань будівельного матеріалознавства є розробка шляхів керування властивостями і створення матеріалів з необхідними якісними показниками.

1.1. Загальні відомості

До будівельних матеріалів відносять природні та штучні речовини й вироби з них, які застосовують для зведення будинків і споруд. Усе різноманіття будівельних матеріалів можна класифікувати за низкою ознак: походження, структура, найбільш характерні властивості, призначення, спосіб виготовлення й т.д. (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Класифікація будівельних матеріалів

Походження	Структура	Властивості	Спосіб виготовлення	Призначення
1	2	3	4	5
Неорганічні: металічні, неметалічні. Органічні: низькомолекулярні, високомолекулярні (полімерні). Змішані (органомінеральні)	Конгломератні, неконгломератні, щільні, пористі, волокнисті, кристалічні, склоподібні, аморфні	Важкі, легкі, пластичні, пружні, морозо-, водо-, кислото-, термо-, вогнестійкі; легкоплавкі, тугоплавкі, вогнетривкі	Безвипалювальні: отримані фізико-механічною обробкою гірських порід, деревини й іншої сировини, формуванням сумішей, що включають в'язучі й заповнювачі, одержувані випалом: до спікання, до плавлення.	Стінові, покрівельні, облицювальні, гідроізоляційні, теплоізоляційні. Спеціальні: для дорожніх покриттів, зведення гребель, прокладання трубопроводів, сантехнічних вузлів та ін.

Якість будівельних матеріалів визначається сукупністю їхніх технічних властивостей, знання яких необхідне для зведення довговічних споруджень і ефективного виконання будівельних робіт. Звичайно, головними під час оцінки якості матеріалів є показники призначення (склад, структура, транспортабельність та ін.) і надійності (безвідмовність, ремонтпридатність, збереження та ін.). Основним економічним показником є витрати на розробку та виготовлення матеріалу з необхідними властивостями.

Властивості будівельних матеріалів визначаються їхнім хімічним і фазовим складами, що характеризують відповідно процентний вміст хімічних еле-

ментів чи оксидів і окремих складників (фаз). Так, хімічний склад мінеральних неметалічних матеріалів – найбільш великої групи будівельних матеріалів – включає за звичай наступні оксиди: SiO_2 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , H_2O . Фазовий склад їх представлений різноманітними природними чи штучними силікатами, алюмосилікатами, алюмінатами, феритами, оксидами і їхніми гідратами.

Поряд зі складом істотний вплив на властивості матеріалів чинить їхня структура, тобто будова, що характеризується величиною, формою і просторовим розташуванням складників. Більшість матеріалів і твердих речовин мають кристалічну будову (рис. 1.1), що характеризується правильним розташуванням часток у просторі.

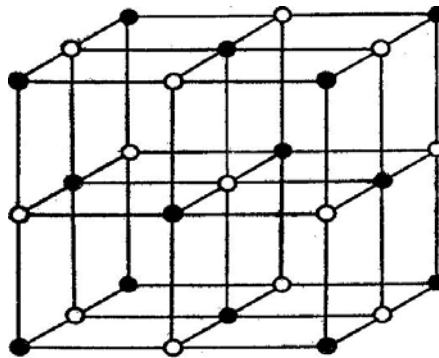


Рис. 1.1 – Кристалічна структура оксиду кальцію (білі та чорні коло – атоми кисню й металу)

Для кристалічної будови характерна анізотропія, тобто неоднаковість властивостей у різних напрямках, наявність певної температури плавлення і т. д. Деякі речовини при однаковому складі можуть мати різну кристалічну структуру та різко відмінні властивості. Це явище називається поліморфізмом. Наприклад, кристали графіту містять шари, складені з правильних шестикутників, а кристали алмазу мають вигляд куба. Різна кристалічна структура вуглецю в цих матеріалах призводить до різкого розходження їхніх властивостей.

Поліморфізм характерний для кварцу, багатьох силікатів та інших речовин, що складають матеріали. У реальних кристалах можливі різні відхилення від ідеальної будови чи дефекти, що істотно впливають на фізико-механічні властивості матеріалів.

Речовини, що не мають кристалічної будови, називають аморфними. До них можна віднести багато полімерів і деякі види гірських порід. Аморфні речовини -ізотропні, тобто мають однакові властивості у всіх напрямках, не мають суворо визначеної температури плавлення, хімічно більш активні. Проміжним між аморфним і кристалічним станами є склоподібний стан, характерний для будівельного скла, шлаків, деяких гірських порід.

Деякі з будівельних матеріалів можна розглядати як дисперсні системи, що складаються з дрібних часток однієї речовини (дисперсної фази), розподілених в іншій (дисперсійному середовищі). Грубодисперсні системи мають розмір часток дисперсної фази більше 100 мкм. Прикладами є порошкоподібні матеріали, суспензії й емульсії, стійкі у зваженому стані.

Колоїднодисперсні системи з розмірами часток 1...100 мкм стійкі до седиментації, тобто розшарування під дією сил ваги. Частки світяться у світлі, що проходить, переміщуються до електродів при проходженні електричного струму (електрофорез). Прикладами колоїднодисперсних систем можуть служити глиняне, цементне, вапняне тісто, кольорове скло, латекси, пігменти й ін.

У виробництві будівельних матеріалів важливе значення мають такі колоїдно-хімічні процеси, як набрякання, розчинення, гелеутворення, коагуляція, пептизація, адсорбція і т. п.

Гелі – системи, що утворилися внаслідок дії молекулярних сил зчеплення між колоїдними частками. Гелеутворення відбувається при твердінні цементу та виробництві різних полімерних матеріалів. Під дією механічних зусиль гелі розріджуються. Це явище називається тиксотропією й виникає, наприклад, при вібруванні бетонних сумішей. У колоїдних системах доволі часто перебігають процеси злипання й укрупнення часток, що називаються коагуляцією. Процеси, зворотні коагуляції, називають пептизацією, вони відбуваються, наприклад, при введенні в бетонні суміші пластифікуючих добавок.

Концентрування та поглинання речовин на поверхні розподілу фаз називається адсорбцією. Речовини, що адсорбуються, чи так звані поверхнево-активні речовини, широко застосовують у технології будівельних матеріалів для пластифікації розчинних і бетонних сумішей, їхньої гідрофобізації, одержання стійких емульсій і суспензій і т. д.

Технологія будівельних матеріалів є різновидом хімічної технології. Вона включає процеси подрібнення, перемішування, формування, термічної обробки й т. д. Для створення сучасних будівельних матеріалів застосовують надтонке подрібнення, вібраційну й акустичну технології, високі тиски та температури, електро- і паророзігрів, полімеризацію й інші способи обробки.

Для випробування матеріалів широко використовують новітні методи хімічного аналізу, рентгеноструктурний, петрографічний, диференційно-термічний, електронно-мікроскопічний аналізи, ультразвуковий, радіаційний та інші методи контролю.

Витрати на матеріали, що використовуються при зведенні будинків і споруд, складають більше половини загальної вартості будівельно-монтажних робіт і приблизно одну третину капітальних вкладень у народне господарство України. Застосування ефективних матеріалів і конструкцій є одним із найбільш важливих напрямків технічного прогресу в будівництві. До ефективних будівельних матеріалів належать конструкції та деталі підвищеної заводської готовності, що дозволяють здійснювати будівництво будинків і споруд індустріальними методами. Найбільшим резервом підвищення ефективності будівельних матеріалів є також зниження їхньої матеріалоємності за рахунок упровадження нових полегшених деталей і конструкцій, комплексного використання сировини та відходів промисловості, зменшення питомої витрати сировини, палива й електроенергії, втрат при транспортуванні та зберіганні тощо.

1.2. Фізичні властивості

Властивості будівельних матеріалів класифікують за характером їхньої належності до різних впливів навколишнього середовища. В окремі групи виділяють зазвичай властивості, що характеризують належність матеріалів до хімічних, фізичних і механічних впливів. Похідними від хімічних, фізичних і механічних властивостей є технологічні властивості, що характеризують відношення матеріалу до сприйняття технологічних операцій (розколювальність, зварюваність, формівність та ін.). Властивості матеріалів взаємозалежні й обумовлені їхнім походженням, складом, структурою, способом одержання. Найбільш важливими для будівельних матеріалів, що застосовуються в будівництві, є фізичні та механічні властивості, що характеризують стан матеріалів, їхнє відношення до води й температури, а також механічних впливів.

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

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

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

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

$$\rho = m_c / V_a.$$

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

Середня густина ρ_o – це маса одиниці об'єму матеріалу у природному стані (разом з порами, пустотами), найчастіше її визначають у г/см^3 або кг/м^3 .

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

Насипна густина ρ_n – це відношення маси сипкого матеріалу до його об'єму, включаючи простір між пластинками.

Середня густина залежить від хімічного та мінералогічного складів матеріалу, але більшою мірою – від розміру та кількості пор і пустот. Із підвищенням вологості показник ρ_n збільшується. Середня густина має велике прак-

тичне значення для виконання різних розрахунків (обсягів транспортування, складування матеріалів, міцності конструкцій). Вона тісно пов'язана з іншими властивостями будівельних матеріалів, що дає змогу визначати доцільні галузі їхнього використання в будівництві.

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

Поруватість Π – це ступінь заповнення об'єму матеріалу порами. Її виражають у відсотках або в частках одиниці (коли загальний об'єм матеріалу приймають за одиницю).

Поруватість визначають за формулою

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

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

Будівельні матеріали навіть із значною пористістю, але з невеликими або переважно закритими порами мають невелике водопоглинення і значну морозостійкість, тоді як матеріали з таким самим числовим показником поруватості, але з відкритими порами не можуть застосовуватися в місцях з високою вологістю.

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

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

Водопоглинення за масою визначають як відношення кількості поглинутої води до маси сухого матеріалу. Водопоглинення за об'ємом характеризується ступенем наповненості пор матеріалу водою при насиченні, виражається відношенням об'єму поглинутої води до об'єму матеріалу у природному стані.

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

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

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

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

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

Морозостійкість – це здатність матеріалу витримувати у водонасиченому стані перемінне заморожування й відтавання без суттєвих утрат міцності та маси.

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

Щоб визначити морозостійкість, зразки матеріалу насичують водою, а далі піддають перемінному заморожуванню за температури – (18 ± 2) °С і відтаванню у воді з температурою (18 ± 2) °С до певної кількості циклів, установлених нормативними документами, або до початку руйнування зразка.

Марка за морозостійкістю F – це кількість циклів перемінного заморожування та відтавання цілих виробів або зразків із матеріалів у насиченому водою стані при збереженні ними початкових фізичних і фізико-механічних властивостей у нормованих межах. Цикл випробування, умови якого регламентуються відповідними стандартами, складається з одного заморожування та відтавання зразків протягом визначеного часу. Залежно від призначення до матеріалів висуваються різні вимоги щодо морозостійкості. Так, рядова цегла мусить мати марку не менше F 15.

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

Коефіцієнт теплопровідності λ – кількість тепла, що проходить крізь зразок матеріалу завтовшки 1 м, площею 1 м² за 1 секунду при різниці температур на протилежних сторонах зразка в 1 градус.

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

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

Негорючі – це матеріали, які під дією вогню чи високих температур не горять, не тліють і не обвуглюються. Негорючі матеріали поділяють на вогнес-

тійкі, що практично не деформуються (цегла, черепиця, жаростійкий бетон, сієніт), вогнетривкі та термічно стійкі.

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

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

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

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

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

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

1.3. Механічні властивості

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

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

Міцність – це здатність матеріалу чинити опір руйнуванню від внутрішніх напружень, що виникають під дією різних зовнішніх навантажень. У процесі експлуатації будівель і споруд будівельні матеріали найчастіше зазнають напружень стиску, згину, розтягу, зрізу та удару.

Будівельні матеріалу неоднаково сприймають різні навантаження. Це залежить від хімічного та мінералогічного складів матеріалу, структури й будови. Так, природні кам'яні матеріали, цегла та бетон добре працюють на стиск, але

погано на розтяг і згин. На розтяг вони витримують навантаження в 10...15 разів менші, ніж на стиск.

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

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

$$R_{\text{ст}} = P / F,$$

де P – руйнівне навантаження (сила), МН; F – площа поперечного перерізу зразка до випробування, м^2 .

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

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

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

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

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

Якщо два навантаження прикладені симетрично відносно вісі балки, то

$$R = 3P(1 - a) / 2bh^2,$$

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

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

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

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

$$\text{НВ} = P / F.$$

Ступінь твердості мінералів гірських порід визначають за шкалою порівняльної твердості Мооса, яка складається з десяти мінералів-еталонів: тальк – 1;

гіпс – 2; кальцит – 3; плавиковий шпат – 4; апатит – 5; ортоклаз – 6; кварц – 7; топаз – 8; корунд – 9; алмаз – 10.

Стиранність – це властивість матеріалу чинити опір впливу стиральних зусиль. Стиранність залежить від твердості матеріалу та характеризується зменшенням маси на одиницю площі поверхні зразка, що стирається, й визначається за формулою, кг/м²:

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

де m_1 і m_2 – маси зразка, відповідно, до й після стирання, кг; F – площа поверхні, м².

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

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

Ударна міцність $R_{уд}$, Дж/м³, характеризується роботою, затраченою на руйнування зразка матеріалу й віднесеною до одиниці об'єму матеріалу, і обчислюється за формулою:

$$R_{уд} = nqh / V,$$

де n – кількість ударів; q – вага гирі, Н; h – висота її падіння, м; V – об'єм зразка, м³.

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

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

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

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

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

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

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

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

1.4. Хімічні властивості

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

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

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

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

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

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

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

1.5. Технологічні властивості

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

Формувальність характеризує здатність матеріалу набувати певної форми внаслідок різних механічних впливів (вібрування, пресування, видавлювання, прокатування). Вона залежить від в'язкопластичних властивостей вихідних мас (глиняне тісто, розчини та бетонні суміші, полімерні маси).

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

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

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

Полірувальність – це здатність матеріалу сприймати обробку тонкими абразивними матеріалами. При цьому створюється гладенька блискуча поверхня. Найчастіше поліруванню піддають природні кам'яні матеріали (мармур, граніт, кварцит).

Завдання для самостійної роботи

1. Ознайомитися з методиками визначення істинної, середньої та насипної густини, водостійкості, вологості, морозостійкості будівельних матеріалів.
2. Розглянути методики, які використовують для визначення зносостійкості та марки за міцністю будівельних матеріалів.

Лекція 2

ПРИРОДНІ КАМ'ЯНІ МАТЕРІАЛИ

Природними кам'яними матеріалами називають матеріали та вироби, які одержують за допомогою механічної обробки (подрібнення, розколювання, розпилювання тощо) гірських порід, не змінюючи їхньої природної структури та властивостей.

Гірські породи – це природні мінеральні утворення, які сформувались унаслідок геологічних процесів у земній корі, відрізняються ступенем щільності, складаються з одного або кількох мінералів, характеризуються відносно сталим мінералогічним складом, певними будовою та властивостями та мають досить великі площі залягання.

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

У сучасному будівництві визначилися такі основні напрями використання згаданих матеріалів:

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

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

2.1. Характеристика породотвірних мінералів

2.1.1. Група кварцу

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

Кварц (SiO_2) – це кристалічна форма діоксиду силіцію. Міцний, твердий і стійкий мінерал земної кори. Міцність на стиск – до 2000 МПа, твердість за Моосом – 7, добре чинить опір стиранню та хімічним впливам (при звичайній температурі взаємодіє лише з плавиковою кислотою), істинна густина – $2,65 \text{ г/см}^3$. Спайність (здатність розколюватись при ударі певними поверхнями) відсутня; злам нерівний; блиск скляний. Форма кристалів – шестигранні призми з шестигранными пірамідами на основах. Кварц буває безбарвним, білим, сірим, димчастим, рожевим, залежно від домішок. Кварц входить до складу гранітів, пісковиків, кварцитів, діоритів.

Опал ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) – це гідратований аморфний кремнезем. Істинна густина – $1,9 \dots 2,5 \text{ г/см}^3$, твердість – $5 \dots 6$, крихкий. Колір білий, залежно від домішок

– блакитний, бурий, зелений, чорний; блиск скляний. Менш міцний і стійкий, ніж кварц. Має підвищену внутрішню мікропоруватість і високодисперсну структуру, високу реакційну здатність до гідроксиду кальцію. Цю властивість аморфного кремнезему широко використовують при виготовленні мінеральних змішаних в'язучих речовин. Зустрічається в гірських породах: діатомітах, опоках, трепелах, мергелях.

2.1.2. Група алюмосилікатів

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

Діаспор – це моногідрат глинозему ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), входить до складу бокситів, які використовуються при виробництві глиноземистого цементу.

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

Польові шпати – це алюмосилікати калію, натрію, кальцію або їхні суміші. Це найпоширеніші мінерали, що становлять до 60 % земної кори. Істинна густина – $2,55 \dots 2,70 \text{ г/см}^3$, твердість – $5 \dots 6$, міцність при стиску – $120 \dots 170 \text{ МПа}$, температура плавлення – $1170 \dots 1550 \text{ }^\circ\text{C}$. Колір білий, сірий, жовтий, від рожевого до темно-червоного.

2.1.3. Група залізисто-магнезіальних силікатів

Авгіт – це складний залізисто-магнезіальний силікат темно-зеленого, чорно-бурого або чорного кольору зі скляним блиском.

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

Рогова обманка – це складний алюмомісткий залізисто-магнезіальний силікат темно-бурого, зеленого, чорного кольору зі скляним блиском і досконалою спайністю.

Ці мінерали відрізняються високою істинною густиною – $3,2 \dots 3,6 \text{ г/см}^3$, твердістю – $5 \dots 6$, значною уданою в'язкістю.

2.1.4. Група карбонатів

Кальцит CaCO_3 зустрічається у вигляді кристалів різної форми; безбарвний або молочно-білого кольору з різними відтінками. Має скляний блиск; істинна густина становить $2,7 \text{ г/см}^3$, твердість – 3. Легко розкладається кислота-ми.

Магнезит MgCO_3 – це кристалічний мінерал, за структурою і формою кристалів схожий на кальцит, але більш важкий і твердий і менш хімічно активний. Має істинну густина – $2,9 \dots 3,1 \text{ г/см}^3$, твердість – $4 \dots 4,5$; колір білий; блиск – скляний.

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

2.1.5. Група сульфатів

Гіпс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – це кристалічний мінерал пластинчастої, волокнистої або зернистої будови з істинною густиною – $2,3 \text{ г/см}^3$, твердістю – 2, в чистому вигляді – прозорий, але завдяки домішкам має світло-сірий, жовтуватий, рожевий та інші кольори.

Ангідрит CaSO_4 – це безводний різновид гіпсу. Він важчий і твердіший за гіпс; істинна густина становить $2,8 \dots 3,0 \text{ г/см}^3$, твердість – $3,0 \dots 3,5$, колір – світло-сірий, сіро-блакитний, спайність – досконала; блиск – скляний.

2.2. Будова та властивості гірських порід різного походження

2.2.1. Вивержені породи

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

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

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

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

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

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

Вулканічний попіл і піски переважно складаються з вулканічного скла й аморфного кремнезему, насипна густина – 500 кг/м^3 . Вони є активними мінеральними добавками (пуццолановими). Пісок є заповнювачем для легких бетонів і розчинів.

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

2.2.2. Осадові породи

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

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

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

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

Органогенні відклади утворилися внаслідок відкладання морських організмів.

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

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

Опока – порода, утворена внаслідок ущільнення й цементування трепелів і діатомітів. Цементуючою речовиною є аморфний кремнезем, іноді карбонат кальцію (вапняна опока). Має середню густину 600...1800 кг/м³; міцність при стисканні – 5...15 МПа; легко піддається обробці. Застосовують як стіновий матеріал, заповнювач для легкого бетону.

Крейда – біла, м'яка вапнякова порода, затверділий морський осад. На 90...98 % складається з CaCO_3 , містить домішки глинистих частинок. Її застосовують для виробництва вапна, цементу і скла, приготування фарб, замазок, шпаклівок тощо.

Вапняк-черепашиник – це пориста порода, що складається з черепашок і панцирів молюсків, слабко зцементованих вапняковою речовиною, містить домішки глини, кремнезему. Має середню густину 800...1800 кг/м³; міцність при стисканні 0,4...15 МПа; легко піддається розпилюванню.

2.2.3. Метаморфічні породи

Гнейси є найпоширенішим серед видозмінених вивержених порід. За мінеральним складом, середньою густиною та міцністю вони подібні до гранітів, із яких утворилися в умовах метаморфізму, але мають сланцювату будову. Така структура полегшує видобування й обробку породи, але зменшує міцність, мо-

розостійкість і стійкість до вивітрювання. Застосовують гнейси для укладання фундаментів, бутової кладки, брукування доріг.

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

2.3. Класифікація та характеристика матеріалів і виробів із природного каменю

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

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

- за середньою густиною: важкі ($\rho_0 > 1800 \text{ кг/м}^3$) та легкі ($\rho_0 \leq 1800 \text{ кг/м}^3$);
- за міцністю при стиску (кгс/см^2): марки: М 4, М 7, М 10, М 15, М 25, М 35, М 50, М 75, М 100, М 125, М 200, М 300, М 400, М 500, М 600, М 800, М 1000 (відповідно у МПа від 0,4 до 100);
- за морозостійкістю: марки: F 10, F 15, F 25, F 50, F 100, F 200, F 300, F 500;
- за коефіцієнтом розм'якшення: 0,6; 0,75; 0,8; 0,9; 1,0.

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

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

До грубооброблених кам'яних матеріалів відносять бутовий камінь, щебінь, гравій, пісок.

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

Щебінь – це шматки каменю неправильної форми розміром 5...150 мм, які одержують подрібненням великих шматків гірських порід із наступним просіюванням (зустрічається і природний щебінь – «дресва»).

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

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

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

Каміння та блоки для укладання стін. Багатопоруватих гірських порід легко розпилюються на камені та блоки правильної геометричної форми (пря-

могутні паралелепіпеди). Основні розміри каменів для зведення стін: $390 \times 1000 \times 1500$ мм; $490 \times 240 \times 188$ мм; $390 \times 190 \times 288$ мм. Маса каменя не має перевищувати 16 кг, маса дрібного блока – 40 кг.

Каміння та блоки застосовують для зовнішніх стін, перегородок та інших частин будівель і споруд.

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

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

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

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

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

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

Колотий і буличний камінь використовують для улаштування основ доріг, а також дорожніх покриттів, для укріплення схилів земляних споруд тощо.

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

Каміння для гідротехнічних споруд. Для річкових і морських гідротехнічних споруд застосовують каміння правильної та неправильної геометричних форм. Каміння неправильної форми – рваний камінь, який одержують підриванням гірських порід, обкочений камінь (валуни, буличники), щебінь і гравій – використовують для улаштування гребель, дамб, берегових укріплень та інших споруд. Каміння правильної форми використовують для облицькування набережних, шлюзів тощо. До всіх матеріалів висуваються підвищені вимоги не лише за міцністю, а й за водо- та морозостійкістю. Особливо несприятливими є умови експлуатації матеріалів у зоні змінного рівня води, де під час замерзання можуть утворюватися льодові скупчення, які спричиняють значні внутрішні

напруження. Захисне облицювання в цій зоні виконують зі щільних вивержених порід з водопоглиненням не більше 1 %, міцністю при стисканні не нижче 80...100 МПа і морозостійкістю не менше 300 циклів (це граніти, сієніти, діабазы та інші).

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

2.4. Використання відходів видобутку й обробки гірських порід

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

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

Готовий щебінь мусить мати марку за морозостійкістю не менше F 15. Обмежується також наявність у щебені пластинчастих і голчастих зерен (до 35 % за масою). У щебені та піску обмежується кількість пилюватих домішок (від 1 до 5 % за масою).

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

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

Завдання для самостійної роботи

1. Написати реферат за темою: «Перспективи розвитку мінерально-сировинної бази промисловості будівельних матеріалів України».
2. Розглянути проблеми довговічності та захист кам'яних матеріалів від корозії.

Лекція 3

МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ З ДЕРЕВИНИ

3.1. Загальні відомості

Деревину з давніх часів широко застосовують у будівництві завдяки її значному поширенню та високим будівельно-технологічним властивостям: значній міцності при розтягуванні та стисканні, невеликій густині, низькій теплопровідності, технологічності при обробці, гарному зовнішньому вигляду.

Деревина як будівельний матеріал має й низку недоліків: неоднорідність будови і, відповідно, властивостей, гігроскопічність, займистість, здатність до гниття тощо. Частину цих недоліків можна подолати технічними заходами. Для підвищення гниlostійкості застосовують антисептики, а для підвищення вогнестійкості – антипірени. Виготовлення клеєних дерев'яних конструкцій зменшує усихання й короблення деревини.

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

3.2. Будова деревини

Дерево складається з коріння, стовбура та крони. Стовбур є основною частиною дерева, саме від його будови залежить повноцінність деревини.

Макроструктура – це будова деревини, що помітна неозброєним оком або при невеликому збільшенні. Вивчення макроструктури дає змогу встановити основні ознаки деревини, визначити її породу і прогнозувати фізико-механічні та інші властивості. Вивчають три основних розрізи стовбура: торцевий, або поперечний, перпендикулярний до вісі стовбура; радіальний – уздовж стовбура; тангенціальний – паралельний вісі стовбура.

На поперечному розрізі стовбура видно кору, камбій, заболонь, ядро, стрижень, стрижневі промені та різні шари. У різні пори року камбій розвивається по-різному: влітку він утворює щільну деревину (пізня деревина), навесні – дірчасту (рання деревина). Чим більше утворилося пізньої деревини, тим вища її механічна міцність. Деревина легко розколюється й розтріскується при висиханні за стрижневими променями.

3.3. Мікроструктура та хімічний склад

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

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

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

Незначна частка у складі деревини припадає на екстрактивні речовини, що належать до низькомолекулярних сполук (смоли, смоляні кислоти, ефірні масла, барвники тощо). Вони надають деревині кольору, запаху, смаку, підвищують стійкість проти гниття й ураження грибами.

3.4. Деревні породи

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

Сосна – ядрова порода, яка має високу міцність і низьку щільність (середня густина – 470...540 кг/м³). Ядро в неї буро-червоного кольору, а заболонь – жовтого. Деревина сосни смолиста, важко піддається загниванню, її застосовують у вигляді кругляка та пиляних лісоматеріалів, а також для виготовлення столярних виробів і меблів.

Ялина – порода зі стиглою деревиною, мало смолиста, має високі показники міцності, низьку середню густину (440...500 кг/м³). Її застосовують для виготовлення будівельних конструкцій і столярних виробів.

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

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

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

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

Дуб – ядрова порода, яка має високі механічну міцність, в'язкість і щільність (середня густина – 720 кг/м³). Має високу стійкість до загнивання, гарну текстуру. Застосовують у відповідальних конструкціях, мостобудуванні, гідротехнічному будівництві, для виготовлення столярних виробів і меблів. При тривалому перебуванні у воді деревина темнішає, поступово перетворюючись на морений дуб.

Бук – розсіяно-порувата стиглодеревна порода. Деревина тверда, щільна (середня густина – 650 кг/м³), пружна, білого з червоним відтінком кольору, малостійка до загнивання. Застосовують для виготовлення столярних виробів, меблів і паркету.

Осика – заболонна стиглодеревна порода. Деревина легка (середня густина – 420...500 кг/м³), м'яка, зеленуватого кольору. Застосовують для фанери, тари.

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

3.5. Основні властивості деревини

Фізичні властивості деревини – істинна та середня густина, вологість, усихання, розбухання, короблення, теплопровідність, пористість та низка інших.

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

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

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

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

Усихання, розбухання, короблення деревини відбуваються зі зміною вологості. При висушуванні деревини до межі гігроскопічної вологості її лінійні розміри не змінюються. При подальшому висушуванні розміри деревини зменшуються: уздовж волокон на 0,1...0,4 %; у радіальному напрямку – на 3...6 %; у тангенціальному – на 6...12%. Зменшення лінійних розмірів та об'єму деревини при видаленні з неї гігроскопічної вологи називають усиханням. Зі зволоженням сухої деревини до досягнення нею межі гігроскопічності, стінки деревинних клітин потовщуються, розбухають, що призводить до збільшення розмірів та об'єму виробів. Цей стан називають розбуханням. Короблення деревини виникає внаслідок неоднакового усихання в різних напрямках. Широкі дошки дуже коробляться, ніж вузькі, а тому ширина дошок, які зазнають під час експлуатації наперемінного зволоження й висушування (підлога, зовнішня обшивка будівель), не має перевищувати 12 см.

Теплопровідність деревини залежить від породи, напрямку волокон і вологості.

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

Міцність при стиску деревини визначають на зразках – призмах перерізом $20 \times 20 \text{ мм}$ і завдовжки 30 мм уздовж і воперек волокон. Міцність деревини

на стиск уздовж волокон у 4...6 разів більша за її міцність упоперек волокон. Міцність зразків за стандартної вологості 12 % визначають за формулою:

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

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

R_w – межа міцності при вологості W , %;

α – поправочний коефіцієнт на вологість (для всіх порід 0,04);

W – вологість деревини під час випробування, %.

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

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

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

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

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

Статична твердість деревини дорівнює навантаженню, потрібному для вдавлювання в поверхню зразка половини металевої кульки на глибину 5,64 мм (площа відбитка дорівнює 1 см²). За твердістю за торцем деревину поділяють на три групи: м'яка – з твердістю 35...50 МПа (сосна, ялина, ялиця, вільха); тверда – 50...100 МПа (дуб, граб, ясень, клен, каштан, береза); дуже тверда – понад 100 МПа (самшит, кизил).

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

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

3.6. Біокомпозити та композиційні матеріали на основі відходів переробки деревини

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

При виготовленні біокомпозитів подрібнена деревина під дією тиску та температури може утворювати монолітний матеріал. Для прискорення цього процесу використовують дереворуйнівні гриби – ксилотрофи.

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

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

Деревоволокнисті плити виготовляють гарячим пресуванням волокнистої маси, яка складається з органічних волокон, води, наповнювачів, синтетичних полімерів і деяких добавок. Сировиною для виготовлення плит є відходи деревообробних виробництв і лісозаготівель (тріска, дріб'язок), стебла очерету, льняна костриця та інші рослинні матеріали. ДВП застосовують для покриття підлог, для внутрішньої обробки будівель, обшивки салонів літаків і кают пароплавів.

3.7. Захист деревини від гниття та займання

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

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

Щоб запобігти займанню, передбачають конструктивні заходи: віддаляють дерев'яні конструкції від джерел нагрівання; влаштовують захисні футерівки з вогнестійких матеріалів (цегли, бетону); укривають шаром малотеплопровідного мінерального матеріалу (азбестового, азбестоцементного, поруватої штукатурки тощо). Для оберігання від вогню деревину просочують вогнезахис-

ними сполуками (антипіренами). Антипірени готують на основі фосфорнокислого чи сірчастого амонію, бури, борної кислоти. При нагріванні вони легко плавляться й перекривають доступ кисню або виділяють гази, які не підтримують горіння. Вогнезахисті фарбові суміші виготовляють із розчинного скла, піску або крейди та лугостійкого пігменту. При нагріванні фарба пухириться, й утворюється пористий захисний шар, який знижує температуру на поверхні деревини.

Значне поліпшення властивостей деревини досягається при її модифікації синтетичними полімерами.

Завдання для самостійної роботи

1. Які конструкційні матеріали виробляють на основі деревини?
2. Розглянути проблеми довговічності дерев'яних конструкцій і виробів.

Лекція 4

КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

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

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

Керамічні матеріали – найдавніші з усіх штучних кам'яних матеріалів. Залишки будівель і споруд з керамічної цегли знайдені археологами на території Стародавнього Єгипту (III...I тисячоліття до н.е.). Керамічна цегла відома також в Індії. У Китаї для покрівель використовували керамічну черепицю, а для оздоблення будівель – глазуровану кераміку, фарфор. У Стародавній Греції перший храм Гери в Олімпії (VI ст. до н. е.) мав дах із черепиці та прикраси з теракоти. Із керамічної цегли У Стародавньому Римі будували 3...4 - поверхові будинки, а також арки та мости.

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

Довговічність і простота виготовлення керамічних матеріалів забезпечили їм одне з перших місць серед інших будівельних матеріалів. Випуск керамічної цегли становить майже половину обсягу виробництва всіх стінових матеріалів. Керамічні облицювальні плитки й досі залишаються основними матеріалами для облаштування санітарних вузлів і багатьох інших приміщень. Не втратили свого значення й керамічні матеріали для зовнішнього облицювання будівель. Висока міцність, універсальність властивостей і широкий асортимент дають змогу використовувати керамічні вироби для теплових агрегатів; у якості облицювальних матеріалів для підлог і стін; для мереж каналізації, у якості легких поруватих заповнювачів для бетонних і залізобетонних виробів тощо.

Поряд з позитивними якостями керамічні вироби мають і деякі недоліки: крихкість, їхнє виробництво доволі енергоємне й потребує використання спеціального сушильного та випалювального обладнання.

4.1. Класифікація керамічних матеріалів

За **призначенням** керамічні матеріали та вироби поділяють на такі види: стінові (цегла, порожнисті камені); покрівельні (черепиця); елементи перекриттів; вироби для облицювання фасадів (лицьова цегла та камені, плитки фасадні, килимово-мозаїчні плитки); вироби для внутрішнього облицювання (глазуровані плитки та фасонні деталі до них – карнизи, кутники, пояски); заповнювачі

для бетонів (керамзит, аглопорит); теплоізоляційні вироби (діатомітові, трепельні, перлітобентонітові вироби, ніздрювата кераміка); вироби для підлог і дорожніх покриттів (плитки для підлог, дорожня цегла); санітарно-технічні вироби (умивальники, унітази, ванни, труби); кислототривкі вироби; вогнетривкі вироби.

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

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

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

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

4.2. Сировина для виробництва керамічних матеріалів

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

Спіснювальні добавки вводять у керамічну масу, щоб знизити пластичність і зменшити повітряну та вогневу усадку за рахунок меншої водопотреби формувальної маси. Для цього використовують шамот, дегідратовану глину, кварцовий пісок, гранульований шлак, золу ТЕС. Шамот – це зернистий порошок із зернами 0,16...2,5 мм, який отримують подрібненням попередньо випаленої до спікання глини. Шамот поліпшує сушильні властивості глини. Дегідратовану глину одержують випалюванням за температури 700...750 °C з наступним подрібнюванням.

Плавні знижують температуру випалювання й спікання глини, підвищують щільність виробів. У якості плавнів використовують польові шпати, залізну руду, доломіт тощо. Вони здатні утворювати з SiO_2 та Al_2O_3 більш легкоплавкі силікатні розплави.

Поротвірні добавки вводять у сировинну масу для одержання легких керамічних виробів. Такими добавками є магнезит, крейда, доломіт, які під час

випалювання виділяють CO_2 . Також паротвірними добавками є вигоряючі добавки, це – тирса, відходи вуглезбагачувальних фабрик, золи ТЕС, лігнін, подрібнене буре вугілля.

Пластифікуючі добавки сприяють підвищенню пластичності маси й поліпшенню її здатності до формування при отриманні виробів. До них належать високопластичні глини, бентоніти, а також поверхневоактивні речовини типу лігносульфонату технічного ЛСТ).

4.3. Матеріали для декорування (глазур, ангоби, керамічні фарби)

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

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

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

4.4. Основи технології керамічних матеріалів і виробів

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

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

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

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

Шлікерний (мокрый) спосіб полягає в тому, що вихідні матеріали подрібнюють разом з водою в кульовому млині при вологості 45...60 % до одержання

однорідної маси. Методом лиття виготовляють вироби складної конфігурації та тонкостінні.

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

4.5. Характеристика керамічних виробів різного призначення

4.5.1. Стінові вироби

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

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

За середньою густиною й теплопровідністю в сухому стані цеглу та камені поділяють на три групи:

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

До цієї групи належать цегла та камені середньою густиною до 1400 – 1450 кг/м³; теплопровідність цих виробів становить не більше 0,46 Вт/(м · К);

б) умовно ефективні - цегла і камені середньою густиною до 1600 кг/м³; теплопровідність цих виробів становить від 0,46 до 0,58 Вт/(м · К) включно;

в) цегла звичайна з середньою густиною понад 1600 кг/м³; теплопровідність цих виробів становить більше 0,58 Вт/(м · К).

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

За морозостійкістю керамічну цеглу й камені поділяють на марки F15, F25, F35, F50. Це означає, що вони мають витримувати в насиченому водою стані без помітних ознак руйнування відповідно не менше 15, 25, 35 та 50 циклів перемінного заморожування і відтавання.

4.5.2. Вироби спеціального призначення

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

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

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

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

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

Кислототривкі вироби виготовляють з пластичних глин без домішок карбонатів, сірчаного колчедану, гіпсу, які зменшують хімічну стійкість. Кислототривкі вироби призначені для футерування башт, резервуарів і печей на хімічних заводах, для укладання підлог у цехах із агресивними середовищами.

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

Вогнетривкі вироби застосовують для будівництва промислових печей, топків і агрегатів, що працюють за високих температур. Найширше застосовують кремнеземисті й алюмосилікатні, а також магнезіальні та хромисті вогнетриви.

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

Завдання для самостійної роботи

1. Розглянути питання про довговічність кераміки та способи її підвищення.
2. Ознайомитися з методиками визначення технічних характеристик керамічних матеріалів.

Лекція 5

МІНЕРАЛЬНІ РОЗПЛАВИ ТА ВИРОБИ НА ЇХНІЙ ОСНОВІ І МЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ

5.1. Матеріали з мінеральних розплавів

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

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

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

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

5.1.1. Сировина, технологія отримання та властивості скла

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

Сировинні матеріали для виробництва скла умовно поділяють на основні й допоміжні (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Сировинні матеріали для виробництва скла

Групи матеріалів	Назва
<i>Основні матеріали</i> – кремнеземисті, що містять SiO_2 , 55...75 мас. %; – глиноземисті, що містять Al_2O_3 , 2...25 мас. %; – лужноземельні, що містять Na_2O та K_2O до 15 мас. %.	кварцовий пісок, мелений пісок і кварцити; технічний оксид алюмінію, гідроксид алюмінію, польові шпати, пегматити, каолін, граніт, вулканічний попіл; сода, поташ, сульфати лужних металів;
<i>Допоміжні матеріали</i> – модифікатори для надання склу спеціальних властивостей; – освітлювачі	оксиди свинцю, барію, цинку, цирконію, титану, фосфору; селітра, хлорид натрію

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

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

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

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

Підготовка включає подрібнення та розмелювання крупних шматків, сушіння вологих матеріалів, класифікацію дисперсних матеріалів.

Приготування скляної шихти починається з усереднення, дозування та перемішування компонентів.

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

Процес варіння скла складається з п'яти етапів: силікатоутворення, склоутворення, освітлення, гомогенізації й охолодження.

На першому етапі утворюються силікати та інші проміжні сполуки, і внаслідок плавлення евтектичних сумішей з'являється рідка фаза. Утворені в шихті силікати разом із рідкою фазою та компонентами, що не прореагували, спікаються в щільну масу. Процес силікатоутворення зазвичай розпочинається за температури майже $725\text{ }^{\circ}\text{C}$ і завершується майже при $1150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Із подальшим підвищенням температури в розплаві завершуються реакції силікатоутворення, відбувається взаємне розчинення силікатів і надлишкового кремнезему, внаслідок чого утворюється скломаса, насичена газовими бульбашками. Процес склоутворення зазвичай завершується за температури майже $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Освітлення та гомогенізація скломаси відбуваються майже в одному інтервалі температур. З цією метою скломасу нагрівають до температури $1150\ldots 1600\text{ }^{\circ}\text{C}$. З підвищенням температури різко знижується в'язкість розплаву, й, відповідно, полегшується видалення газових бульбашок.

Процес скловаріння завершується охолодженням скломаси на $300\text{ }^{\circ}\text{C}$, внаслідок чого вона набуває в'язкості, необхідної для формування виробів (витягування, прокатування, пресування, лиття тощо).

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

Спосіб плаваючої стрічки є найбільш досконалим із всіх способів, відо-

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

Відпалювання – обов’язкова операція під час виробництва виробів. При швидкому охолодженні у виробах виникають великі внутрішні напруження, які можуть призвести до їхнього саморуйнування.

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

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

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

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

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

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

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

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

Однією з причин великої різниці між теоретичною та реальною міцністю скла є дефектність поверхні реального скла – наявність мікротріщин, що сильно послаблюють опір матеріалу впливу зовнішніх навантажень.

Вважають, що утворення поверхневих дефектів залежить від ступеня однорідності вихідної маси, способу й умов формування виробів, характеру механічної та термічної обробки, температури та вологості навколишнього середовища, тривалості дії навантаження, масштабного фактора.

Крихкість як показник деформативності є головним недоліком скла.

Густина скла становить 2,45...2,55 г/см³, а для спеціальних стекол вона

може досягати 8 г/см^3 .

Теплопровідність звичайного скла становить $0,4 \dots 0,8 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, а теплоємність – $0,63 \dots 1,05 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$.

Термічна стійкість. При різкому охолодженні скла поверхневі шари охолоджуються швидше внутрішніх і тому на поверхневих шарах скловиробів виникають напруження розтягу, у внутрішніх – стиск. При швидкому нагріванні виробу, навпаки, на поверхневих шарах скловиробів виникають напруження стиск, у внутрішніх – розтягу. Враховуючи, що руйнування скла починається з поверхні і міцність скла при стисканні в багато разів більша за міцність при розтягуванні, різке охолодження скловиробів більш небезпечне, ніж швидке нагрівання. Зазвичай термостійкість скла залежить від хімічного складу, температурного коефіцієнта лінійного розширення і товщини виробів.

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

Хімічна стійкість скла залежить від його хімічного складу. Оксиди елементів I групи найбільш вагомо знижують водостійкість скла. Найбільший вплив на підвищення хімічної стійкості проти води мають оксиди IV групи елементів: SiO_2 , TiO_2 , ZrO_2 . Силікатне скло має високу стійкість до більшості розчинів кислот, за винятком HF та H_3PO_4 .

5.1.2. Матеріали та виробы зі скла

Основні види виробів із будівельного скла та їхнє застосування й марки листового скла наведені в таблицях 5.2, 5.3.

Таблиця 5.2 – Основні види виробів із будівельного скла та їхнє застосування

Вироби	Вид скла	Застосування
Листове будівельне та декоративне скло	Віконне та вітринне неpolиrowane. Вітринне polиrowane. Візерункове кольорове та безбарвне, «Мороз» і «Заметіль». Армоване кольорове та безбарвне	Скління вікон, дверей, вітрин, ліхтарів верхнього світла, виготовлення елементів меблів, влаштування внутрішніх перегородок і огорож балконів
Листове скло зі спеціальними властивостями	Увіюлеве (пропускає ультрафіолетові промені). Тепловбирне. Тепловідбивне. Теплозахисне. Загартоване	Скління дитячих і лікувальних установ, спортивних і оздоровчих споруд, музеїв, бібліотек, електронагрівальних скляних споруд
Кольорове та художнє скло	Вітражне, забарвлене в масі або накладне, скляна мозаїка, смальта	Виготовлення художніх вітражів, напівпрозорих екранів, виготовлення художніх панно
Будівельні виробы	Скляні порожнисті блоки, лінзи, плитки, профільне скло, склопакети, труби, ніздрювате скло, скляне волокно	Заповнення світлових прорізів у стінах, перегородках, покриттях, спорудження стін неопалюваних споруд, улаштування внутрішніх перегородок, тепло- і звукоізоляційні виробы, напірні, безнапірні та вакуумні трубопроводи для транспортування агресивних речовин (крім плавикової кислоти).

Таблиця 5.3 – Марки листового скла

<i>Марка скла</i>	<i>Товщина, мм</i>	<i>Умовна назва</i>	<i>Рекомендована галузь застосування</i>
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 неpolіроване	Скління вітрин, вітражів, ліхтарів

5.1.3. Склокристалічні матеріали

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

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

Шлакоситали – це різновид склокристалічних матеріалів, які виготовляють спрямованою кристалізацією шлакових стекол. До складу шихти входять гранульований доменний шлак, кварцовий пісок та каталізатори кристалізації (сульфат натрію, кремнефторид натрію, оксиди і сульфід хрому, титану, цинку, феруму тощо).

Виробництво шлакоситалів складається з двох етапів:

- 1) одержання шлакового скла й формування виробів;
- 2) термічна обробка виробів.

5.1.4. Матеріали та вироби із кам'яного литва

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

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

Із кам'яного литва випускають вироби у вигляді плоских та вигнутих плиток, деталей жолобів, труб, штуцерів. Литі вироби світлих тонів застосовують у будівництві у якості облицювальних матеріалів, архітектурних деталей, а також в інших галузях промисловості.

Плавлені вироби характеризуються великою середньою густиною (2900... 3000 кг/м³). Через малу поруватість (до 2 %) і закритий характер пор вони мають низьке водопоглинення (до 0,22 %) і підвищену морозостійкість (до

500 циклів). Висока довговічність зумовлена підвищеними значеннями кислото- (98,6...99,8 %) та лугостійкості (до 90 %). Стираність виробів становить 0,04...0,08 г/см², тобто в 3...5 разів менша, ніж у граніту. Межа міцності при стисканні становить 230...300 МПа, при згинанні 30...50 МПа. Литі кам'яні вироби відрізняються діелектричними властивостями та високою термостійкістю (до 900 °C).

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

5.2. Металеві матеріали

5.2.1. Загальна характеристика металів

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

Металічний блиск і пластичність – це основні властивості, які притаманні всім металам. Усі метали в твердому стані мають кристалічну будову. Розташування атомів (іонів) у кристалічній речовині зображують у вигляді елементарної комірки, яка є найменшим комплексом атомів. Багаторазове повторення її відображає розташування атомів у об'ємі всієї речовини.

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

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

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

5.2.2. Основні властивості металів

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

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

Висока електропровідність металів пояснюється наявністю вільних електронів, які переміщуються в потенціальному полі ґратниці. Висока теплопровідність металів обумовлюється рухливістю вільних електронів, а висока пластичність – періодичністю їхньої атомної будови та відсутністю спрямованості металевих зв'язків. Наприклад, при прокатуванні залізного бруски товщиною 80...100 мм отримують дрот завтовшки 4 мм та менше.

5.2.3. Фізико-хімічні основи отримання чорних металів і сплавів на їхній основі

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

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

У доменному виробництві застосовують такі руди: магнітний залізняк (Fe_3O_4), що містить заліза 70 %, червоний залізняк (Fe_2O_3) – до 60 %, бурий залізняк ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) – до 40 %.

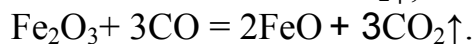
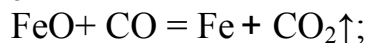
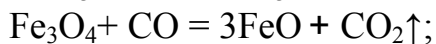
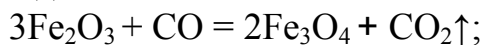
Для зниження температури плавлення пустої породи та відокремлення її від металу в доменну піч подають флюси (крейда, вапняк). Введені в шахту доменної печі флюси утворюють з пустою породою руди сплав, який відокремлюють від металу у вигляді шлаків.

У якості палива в доменному виробництві застосовують кокс.

У процесі плавлення залізної руди кокс, поєднуючись із киснем повітря, інтенсивно згоряє і утворює вуглекислий газ, який відновлює оксиди феруму до чистого заліза за такою схемою:



Головними реакціями відновлення є:



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

За температури 1130°C чавун (сплав заліза з вуглецем в кількості 2,14...6,67 %) розплавляється.

У процесі доменної плавки можна одержати: переробний (білий) чавун у кількості до 90 %, який використовують для виробництва сталі; ливарний (сі-

рий) чавун – 8...15 %; феромарганець і дзеркальний чавун, які використовують як домішки при виробництві сталі.

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

5.2.4. Класифікація та характеристика чавунів

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

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

Сірі чавуни поділяють на сірі, високоміцні, леговані, ковкі.

Незважаючи на низькі механічні властивості, сірі чавуни мають низку позитивних якостей: низька собівартість, високі ливарні якості, добрі антифрикційні властивості, висока корозійна стійкість, жаростійкість.

Ковкий чавун отримують з білого тривалим відпалюванням за високих температур.

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

Високоміцні чавуни отримують модифікуванням, тобто перед розливанням у рідкий чавун додають домішки магнію або церію (до 1 %). За ДСТУ 3925-98 високоміцні чавуни маркують літерами **ВЧ** і двома групами цифр: першою позначено межу міцності при розтягуванні, другою – відносне видовження. Наприклад, **ВЧ 800-2** – високоміцний чавун міцністю 800 МПа, відносне видовження складає 2 %.

5.2.5. Класифікація вуглецевих сталей

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.2.6. Вироби зі сталі

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

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

Сортова сталь включає профілі масового попиту (круглу, квадратну, куткову), швелери, двотаври та профілі спеціального призначення (рейки). Найле-

гші кутикові профілі мають розміри 20×20 мм та товщину 3 мм, а найважчі – відповідно 250×250 та 30 мм.

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

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

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

5.2.7. Кольорові метали та сплави й матеріали на їхній основі

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

Алюміній і його сплави. Густина алюмінію – 2,7 г/см³, температура плавлення – 660 °С. Алюмінієвими рудами є боксити, нефеліни, апатити й алуніти.

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

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

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

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

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

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

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

Мідь – це метал густиною 8,94 г/см³, температура плавлення – 1083 °С.

Латунь – сплав міді з цинком. Бронзи – це сплави міді з такими легуючими елементами, як олово, алюміній, берилій, силіцій. Ці сплави застосовують для виготовлення таких виробів, як пружини, мембрани, слюсарний інструмент тощо.

Завдання для самостійної роботи

1. Ознайомитися з вимогами відповідних ДСТУ до якості листового будівельного та декоративного скла і письмово відповісти на запитання:
 - 1.1. Які для скла допускаються недоліки в невеликій кількості ?
 - 1.2. Які стандартні типорозміри скла?
 - 1.3. Для чого рекомендовано використовувати армоване скло та листове скло зі спеціальними властивостями?
2. Навести технологію виготовлення багатошарового ламінованого скла «триплекс».
3. Охарактеризувати будівельні вироби зі скляних розплавів. Навести їх номенклатуру і дати рекомендації щодо використання.
4. Навести технологію виготовлення декоративних облицювальних виробів.
5. Порівняти властивості склокристалічних і аморфних матеріалів.
6. Обґрунтувати можливість використання відходів у виробництві плавлених силікатних виробів.
7. Навести приклади використання відходів.
8. Навести приклади використання сплавів на основі титану.
9. Розшифрувати марки сталі **09Г2СД; Ст3пс2; 1Х18Н9; 35ХН3МА.**

Лекція 6

ПОВІТРЯНІ В'ЯЖУЧІ МАТЕРІАЛИ

6.1. Фізико-хімічні закономірності формування складу та структури мінеральних в'язучих речовин

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

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

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

6.2. Класифікація неорганічних в'язучих речовин

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

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

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

6.3. Повітряні в'язучі речовини

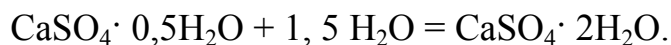
Гіпсові в'язучі речовини є типовим прикладом повітряних в'язучих речовин. Вони складаються переважно з напівводяного гіпсу $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ або ангідриту CaSO_4 і отримуються внаслідок теплової обробки вихідної сировини та її розмелювання. Продукт твердіння таких в'язучих вважається майже ідеальним будівельним матеріалом, оскільки є екологічно безпечним, негорючим та вогнестійким.

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

Залежно від умов термообробки гіпсової сировини утворюються α - або

β-модифікації напівгідрату і розчинного ангідриду.

Твердіння гіпсових в'язучих речовин відбувається внаслідок розчинення напівводного сульфату кальцію (напівгідрату) й появи насиченого розчину, в якому відбуваються реакції гідратації з утворенням двоводного сульфату кальцію:



Гіпсові в'язучі речовини, що складаються переважно з α-модифікації $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ і відрізняються підвищеною міцністю (25...60 МПа) і меншою поруватістю, виготовляються обробкою гіпсового каменю під тиском (0,13...0,7 МПа) або витримуванням у рідких середовищах (наприклад, з використанням CaCl_2). Залежно від параметрів теплової обробки гіпсові в'язучі речовини поділяються на дві групи: низько- та високовипалювальні.

Низьковипалювальні гіпсові в'язучі речовини, що швидко тужавіють та тверднуть, отримують тепловою обробкою природного гіпсу при низьких температурах (110...160 °С) або обробкою парою під тиском 0,13...0,70 МПа. Дегідратація сировини в зазначених умовах обумовлює перетворення двоводного гіпсу на напівгідрат за схемою:



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

Будівельний гіпс характеризується невисокою міцністю (2...10 МПа).

Високоміцний гіпс отримують термічною обробкою гіпсового каменю в автоклавах у середовищі насиченої пари при тиску, вищому за атмосферний, або при кип'ятінні у водних розчинах деяких солей з наступним сушінням та помелом до отримання тонко дисперсного порошку. Міцність матеріалу – 13...25 МПа.

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

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

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

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

Ангідритовий цемент отримують тонким помелом нерозчинного ангідриду з добавками-каталізаторами. Як активатори твердіння використовують сульфати (Na_2SO_4 , NaHSO_4 , K_2SO_4 , FeSO_4 та інші), а також матеріали, що містять

певну кількість вільного вапна (доменний шлак, вапно, доломіт та ін.). Ангідритовий цемент порівняно з будівельним гіпсом характеризується меншою водопотребою (30... 35 %), більш повільними строками тужавлення та більш високою водостійкістю (коефіцієнт розм'якшення 0,4...0,5). Цей цемент використовують для влаштування безшовних підлог, підготовок під лінолеум, для приготування розчинів та отримання штучного мармуру, а також для бетонів, призначених для мурування стін малоповерхових будівель при відносній вологості повітря на більше 70 %.

6.3.1. Технічні характеристики гіпсових в'язучих

Істинна густина гіпсових в'язучих коливається у межах 2,6...2,75 г/см³ і обумовлена їхнім фазовим складом.

Насипна густина гіпсу становить 800...1100 кг/м³. Тонкість помелу оцінюється залишком на ситі № 02 і для гіпсу грубого помелу становить не більше 23 %, середнього – 14 % і тонкого – 2 % (позначається відповідно I, II, III). Збільшення тонкості помелу зумовлює підвищення пластичності гіпсового тіста, міцності гіпсових виливків, але збільшує водопотребу.

Водопотреба визначається кількістю води, потрібною для приготування тіста стандартної консистенції (діаметр розпливу 180±5 мм), і залежить від виду та співвідношення модифікацій сульфату кальцію. Для отримання тіста нормальної густоти з β -CaSO₄·0,5H₂O потрібно 50...70 % води, а з модифікації α -CaSO₄·0,5H₂O – 30...40 %. Теоретично для реакції гідратації потрібно 18,6 % води. Висока водопотреба гіпсових в'язучих призводить до того, що вироби з них відрізняються підвищеною поруватістю (40...60 %), невисокою міцністю.

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

При зниженні температури до 10 °С строки тужавлення подовжуються. При підвищенні температури до 40...50 °С відмічається скорочення строків тужавлення. При подальшому підвищенні температури строки тужавлення подовжуються, а при T=90...100 °С гіпс не тужавіє взагалі.

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

Передбачено 12 марок гіпсових в'язучих – від Г – 2 до Г – 25, де цифра означає нормовану межу міцності при стисканні в МПа. Межа міцності при згинанні змінюється відповідно від 1,2 до 8 МПа.

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

Водостійкість гіпсових виробів є невисокою. Основними шляхами під-

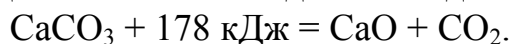
вищення водостійкості гіпсових виробів є зменшення розчинності гіпсу при введенні добавок; ущільнення гіпсових виливків; просочування або обмазування виробів речовинами, що запобігають проникненню води.

Істотно підвищується водостійкість гіпсу при додаванні вапна 5...25 %, суміші вапна і гідравлічної добавки (трепелу, опоки, шлаку), суміші портланд-цементу та гідравлічної добавки.

6.3.2. Повітряне будівельне вапно

Повітряне будівельне вапно – продукт випалювання не до спікання при температурі 1000...1200 °С кальцієво-магнієвих гірських порід (вапняку, крейди, вапняку-черепашнику, доломітизованого вапняку), що містять не більше 6 % глинистих домішок. Високодисперсний кремнезем та глинисті домішки при їхньому обмеженому вмісті 5...7 % і відповідно вибраному режимі випалювання не знижують якість вапна. Домішки гіпсу та піриту небажані, оскільки вони сприяють утворенню вапна, що гаситься повільно.

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



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



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

Недовипалення чи перевипалення вапна в печі знижує його якість.

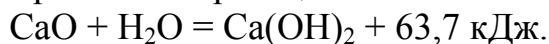
Залежно від вмісту оксиду магнію повітряне вапно поділяють на кальцієве (вміст $\text{MgO} \leq 5 \%$), магнезіальне ($\text{MgO} - 5...20 \%$) та доломітове ($\text{MgO} - 20...40 \%$).

Повітряне вапно поділяють на:

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

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

Гашене вапно утворюється за реакцією

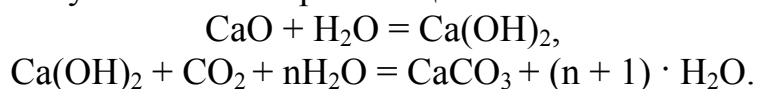


Теоретично для гашення вапна потрібно 32,13 % води від маси CaO . Залежно від того, скільки води витрачається для гашення, отримують три різні продукти.

Якщо кількість води становить біля 70 % від маси вапна, отримують вапно-пушонку або гідратне вапно, яке збільшується в об'ємі в 2...3,5 рази порівняно з грудковим вапном, і має насипну густину 400...450 кг/м³.

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

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



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

Технічні характеристики будівельного вапна оцінюються визначенням активності, тонкості помелу, швидкості гашення, водопотреби, строків тужавлення, міцності при стисканні.

Істинна густина негашеного вапна – 3,1...3,3 г/см³, а гашеного у кристалічному стані Ca(OH)_2 – 2,23 г/см³. *Насипна густина* грудкового вапна – 1600...2600 кг/м³, а меленого негашеного вапна – 900...1100 кг/м³, гідратного (гашеного) вапна – 400...500 кг/м³, а вапняного тіста – 1300...1400 кг/м³.

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

Повітряне вапно характеризується пластичністю, пов'язаною з його високою водоутримувальною здатністю, внаслідок чого вапняні розчини мають високу легкоукладальність, рівномірно розподіляються тонким шаром на поверхні цегли або бетону, добре зчіплюються з ними.

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

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

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

Повітряне вапно використовують для приготування мурувальних розчинів, а також для виготовлення штучних бетонних виробів, силікатної цегли й

інших вапняно-піщаних виробів автоклавного твердіння, фарбових сумішей.

6.3.3. Магнезійні в'язучі речовини

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

Як сировину для магнезійних в'язучих найчастіше використовують магнезит MgCO_3 (іноді доломіт $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$).

Магнезит випалюють при температурі 750...850 °С до повного розкладання MgCO_3 на оксиди:



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

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



Магнезійні в'язучі речовини змішують з водним розчином хлориду магнію $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ або інших магнезійних солей. Це сприяє прискоренню твердіння та підвищенню міцності в'язучих, оскільки поряд із гідратацією оксиду магнію та утворенням бруситу $\text{Mg}(\text{OH})_2$ відбувається процес синтезу гідро хлориду магнію $\text{MgCl}_2 \cdot 3 \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, який кристалізується у вигляді волокон і підвищує міцність матеріалу на згині.

Магнезійні в'язучі речовини характеризуються високою міцністю при стисканні, що досягає 60...100 МПа; високою адгезією до заповнювачів.

Магнезійний цемент використовують найчастіше разом з органічними заповнювачами. Такі вироби відрізняються підвищеною ударною в'язкістю, добре оброблюються, є жаростійкими, мають звукоізоляційні властивості. Типовими прикладами таких матеріалів є ксилоліт (заповнювач – деревна тирса) та фіброліт (заповнювач – довговолокониста деревна маса).

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

Завдання для самостійної роботи

1. Ознайомитися з методиками визначення властивостей будівельного гіпсу.
2. Які критерії відповідають за якість повітряного вапна?

Лекція 7

ГІДРАВЛІЧНІ В'ЯЖУЧІ МАТЕРІАЛИ

В групу гідравлічних в'язучих входять гідравлічне вапно і вапновміщуючі в'язучі, романцемент, портландцемент, шлакопортландцемент, пуцолановий і глиноземистий цементи і їх різновиди. Для будівництва найбільше значення мають портландцемент і похідні від нього в'язучі матеріали.

7.1. Гідравлічні в'язучі речовини

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

Основними операціями при виробництві гідравлічного вапна є добування сировини, її подрібнення, випалювання і помел. Процес випалювання здійснюють у шахтних або обертових печах при температурі від 900 до 1150, а іноді й 1200 °С.

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

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

Технічні характеристики гідравлічного вапна.

Істинна густина становить 2,6...3,0 г/см³, а насипна – 700...800 кг/м³.

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

За вимогами ДСТУ Б В. 2.7-90-99 вапно вважається слабогідравлічним, якщо межа міцності при стиску на 28 добу твердіння становить 1,7; при згинанні – 0,4 МПа; сильногідравлічним, якщо межа міцності при стисканні та згинанні на 28 добу твердіння становить 5,0 та 1,0 МПа відповідно.

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

Гідравлічне вапно застосовують для приготування будівельних розчинів підвищеної водостійкості, мурувальних та штукатурних розчинів, для виробництва вапняно-пуцоланових цементів, легких і важких бетонів низьких класів, для виготовлення стінового каміння, призначеного для експлуатації в умовах різної вологості, для стабілізації ґрунтів при будівництві шляхів із малою інтенсивністю руху. Ця речовина входить до складу сухих будівельних сумішей та широко використовується для виготовлення шпаклівок, замазок і фарб. Гідрав-

лічне вапно можна застосовувати як основу під фресковий живопис, тобто при нанесенні малюнків розбавленими у воді мінеральними фарбами на свіжу штукатурку.

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

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

Перший патент на спосіб виробництва штучного каменю під назвою портландський цемент було отримано у 1824 році Джозефом Аспдіном. У практиці світового будівництва портландцемент є головним матеріалом для виробництва бетону, залізобетону та будівельних розчинів.

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

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

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

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

7.2. Виробництво портландцементу

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

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

Сухий спосіб виробництва полягає у подрібненні й ретельному перемішуванні сухих або попередньо висушених сировинних матеріалів. Використання

цього способу є доцільним при застосуванні однорідних за складом та структурою вапняку та глини вологістю від 10 до 15 %.

Мокрий спосіб виробництва доцільно застосовувати, якщо м'яка сировина (крейда, глина) має значну вологість. Вихідні компоненти подрібнюють і змішують з великою кількістю води (36...42 % від маси сухої речовини) до утворення рідкотекучої маси у вигляді суспензії (шламу). Мокрий спосіб дає змогу знизити енергоємність процесу подрібнення, полегшити транспортування й перемішування сировинної суміші, проте витрати палива на її випалювання в печі в 1,5...2 рази більші, ніж при сухому способі.

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

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

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

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

7.3. Хіміко-мінералогічний склад і властивості портландцементу

Фізико-механічні властивості портландцементу залежать від багатьох факторів, з яких головними є його хіміко-мінералогічний склад і тонкість помелу. Портландцемент – багатомінеральний продукт (рис. 7.1).



Рис. 7.1 – Мікроструктура цементного клінкеру (видно призматичні кристали трикальцієвого силікату C_3S та округлі – двокальцієвого C_2S)

Основним мінералом портландцементу є аліт – трикальцієвий силікат $3CaO \cdot SiO_2$, який містить 2...4 % Al_2O_3 , MgO та ін. Із збільшенням вмісту аліту, який складає 45...60 % маси клінкеру, підвищується міцність, прискорюється

твердіння, однак ускладнюється випал портландцементу. На відміну від аліту, беліт – двокальцієвий силікат β - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, з домішками Al_2O_3 , Fe_2O_3 та ін. Він складає 15...30 % маси клінкеру, твердіє повільно і отримує високу міцність лише у віддалені терміни – 1..2 роки.

Крім мінералів-силікатів, у портландцемент входять трикальцієвий алюмінат $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ (5...15 %) і твердий розчин алюмоферитів, близький за складом до $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ (10...20 %). Трикальцієвий алюмінат сприяє швидшому твердінню портландцементу, однак знижує його морозостійкість і стійкість в мінералізованих водах. Чотирикальцієвий алюмоферит, так само, як і беліт, отримує велику міцність лише протягом довгого проміжку часу. До складу портландцементу входять в невеликих кількостях лужні сполуки, вільні оксиди кальцію і магнію та ін. Основну масу портландцементу складають зерна 5...40 мкм. При просіюванні через сито № 008 повинно проходити не менше 85 % маси просіюваної проби. Більш загальним показником тонкості помелу є питома поверхня цементного порошку (як правило, вона складає 2500...3000 $\text{см}^2/\text{г}$), однак при тонкому помелі зростають витрати електроенергії. Для інтенсифікації помелу вводять спеціальні добавки, які не погіршують якості цементу. Густина портландцементу – 3...3,2 $\text{г}/\text{см}^3$, насипна густина в розсипчастому стані складає 900...1100, а в ущільненому – 1400...1700 $\text{кг}/\text{м}^3$. Основними фізико-механічними якостями портландцементу є водопотреба, строки тужавлення, рівномірність зміни об'єму і міцність.

Водопотребу цементу оцінюють кількістю води замішування в процентах від маси цементу, необхідної для утворення тіста нормальної густоти. Нормальна густина цементного тіста – це така його консистенція, коли голка приладу Віка не доходить на 5...7 мм до пластини, на якій встановлено кільце, заповнене тістом. Нормальна густина портландцементу – 24...29 %. Вона зростає із збільшенням вмісту СЗА, при введенні добавок осадового походження – опоки, трепелу, діатоміту і ін., а зменшується за рахунок пластифікуючих поверхневоактивних добавок. Із збільшенням водопотреби цементу збільшується необхідна витрата води в бетонних сумішах заданої рухливості, і унаслідок зростає витрата цементу, погіршується якість бетону.

Тужавлення – це перша стадія твердіння цементного тіста. Воно характеризується початком – часом від моменту зачинення до початку загустіння (голка приладу Віка не доходить до пластинки на 1...2 мм) – і кінцем – часом від моменту зачинення до повної втрати цементним тістом пластичності (голка приладу Віка занурюється в тісто не більше ніж на 1 мм). Строки тужавлення цементу нормуються у межах, зручних для виготовлення бетонів і розчинів, і регулюються добавками, які містять двоводний гіпс (не більше 3,5 % по SO_3). Початок тужавлення портландцементу повинен наступати не раніше 45 хв. для цементу марок М 550 і М 600 і 60 хв. – для марок 300, 400, 500, а кінець – не пізніше 10 год.

Процес твердіння портландцементу супроводжується зміною об'єму в результаті деформацій усадки на повітрі чи набухання у воді. При цьому обов'язковою вимогою є рівномірність зміни об'єму у цементу, яка визначається оглядом зразків з тіста нормальної густоти, що тверділи добу у ванні з гідравлі-

чним затвором, а потім витриманих 3 год. в киплячій воді. На зразках не повинно бути тріщин, викривлень і інших ознак пошкодження. Нерівномірність зміни об'єму цементу може бути викликана напруженнями розширення в затверділому цементному камені при надлишку оксидів кальцію і магнію, сульфатів і інших шкідливих компонентів. Важливою якістю цементу, яка визначає його придатність до виготовлення бетонів і розчинів, є міцність, яку визначають випробуванням зразків-балочок розміром 4×4×16 см спочатку на згин, а потім утворених половинок - на стиск. Зразки виготовлюють вібрацією з розчинної суміші яка містить по масі одну частину цементу і три частини нормального (Вольського) піску. Консистенція суміші при водоцементному відношенні, рівному або меншому 0,4, повинна характеризуватися розпливом конуса 106...115 мм. Межа міцності при стисканні зразків, які тверділи протягом 28 діб, називається активністю цементу. В залежності від активності і межі міцності при згинанні для портландцементу та портландцементу з мінеральними добавками встановлені марки 300, 400, 500, 550 і 600 (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 – Вимоги до міцності цементу

Марка	Межа міцності через 28 діб, МПа, не менше		
	2 доби	7 діб	28 діб
300	—	15	30
400	—	20	40
400P	15	—	40
500	15	—	50
550	20	—	55
600	25	—	60

Твердіння портландцементу. В результаті взаємодії мінералів, які містяться в цементі, з водою утворюються нові сполуки – гідрати. При гідратації мінералів-силікатів такими сполуками є гідросилікати. Так, процес гідратації C_3S можна представити рівнянням:



Склад утворюваних при реакції гідросилікатів залежить від температури і концентрації гідроксиду кальцію.

Трикальцієвий алюмінат C_3A в присутності гіпсу, який міститься у цементі, і води утворює гідросульфоалюмінат кальцію (етрингіт), який сповільнює процес тужавлення цементного тіста:



При гідратації C_4AF поряд з гідросульфоалюмінатом утворюється і гідросульфоферит кальцію або твердий розчин цих двох сполук. Хімічні реакції починають протікати зразу після змішування цементу з водою. Компоненти цементу розчиняються, і вже через кілька хвилин утворюється розчин, який заповнює простір між зернами і пересичений по відношенню до гідроксиду кальцію, що виділяється при гідролізі аліту. Першими гідратними новоутвореннями є етрингіт і гідроксид кальцію. Потім утворюються дуже дрібні гідросилікати кальцію.

Механізм твердіння цементу дуже складний. У відповідності з сучасними уявленнями, розвинених під керівництвом акад. П. О. Ребіндера, з пересиче-

ного розчину новоутворення кристалізуються в два етапи. Протягом першого проходить формування каркасу з появою контактів зростання між кристалами новоутворень. При цьому можливий також зростання кристалів, які зростаються між собою. Протягом другого етапу нові контакти не виникають, а проходить лише обростання вже існуючого каркасу, тобто зростання складників його кристалів. В результаті підвищується міцність цементного каменю, однак можуть виникнути і внутрішні розтягуючі зусилля. Вирішальну роль відіграє пересичення розчину. При малому пересиченні кількість кристалів невелика, вони не зростаються. Для найбільшої міцності штучного каменю необхідні оптимальні умови гідратації, які забезпечують виникнення новоутворень достатньої величини при мінімальних напруженнях.

Другий напрямок в теорії цементів заснований на роботах академіка О. О. Байкова, відповідно до яких можна виділити три періоди твердіння: 1) розчинення в'язучого у воді до утворення насиченого розчину; 2) пряме (без розчинення) приєднання води до цементу і виникнення колоїдних гідратів; 3) перекристалізація колоїдних частинок в більш крупні, та зростання міцності.

Твердіння портландцементу залежить в значній мірі від температурно-вологісних умов. Так, пониження температури від 20 °С до 5 °С сповільнює твердіння в 2...3 рази, а підвищення до 80 °С збільшує швидкість гідратації в 6 разів. При температурах нижчих –10 °С гідратація цементу практично припиняється.

Нормальний перебіг процесів твердіння можливий лише при достатній вологості середовища, підвищення температури не повинно супроводжуватися висиханням. Прискорення фізико-хімічних процесів твердіння портландцементу при тепловій обробці (пропарювання, електропрогрів та ін.) дозволяє отримувати в короткий строк бетонні і залізобетонні вироби з необхідною відпускнуою міцністю.

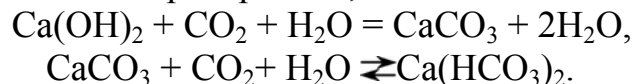
7.4. Корозія цементного каменю

Цементний камінь, який є основою бетону, при впливі агресивного середовища кородує – руйнується. Для споруд з бетону і залізобетону найбільш небезпечна хімічна корозія в природних водах. За В. М. Москвіним хімічні корозійні процеси при впливі водного середовища можна розділити на три види.

Корозія першого виду пояснюється розчиненням деяких компонентів цементного каменю, і в першу чергу, гідроксиду кальцію – продукту гідролізу трикальцієвого силікату (корозія вилугування). Вона іде інтенсивно в м'яких водах, особливо при фільтрації води через бетон. При вилугуванні $\text{Ca}(\text{OH})_2$ поряд із зменшенням щільності і порушенням структури цементного каменю починається розклад інших гідратів, стійких лише при певній концентрації CaO .

Корозія другого виду заснована на обмінних хімічних реакціях взаємодії між цементним каменем і агресивним водним розчином з утворенням легкорозчинних, що вимиваються, солей чи аморфних продуктів, які не мають в'язучі якості. До неї можна віднести кислотну, вуглекислу і магнезіальну корозії. Кислотність природних вод обумовлена переважно присутністю в них CO_2 і гумі-

нової кислоти. Гідроксид кальцію, що міститься в цементному камені, спочатку взаємодіє з CO_2 з утворенням малорозчинного CaCO_3 , а потім при його надлишку утворює розчинний гідрокарбонат, що вимивається з бетону:



При збільшенні жорсткості води кількість вільного CO_2 зменшується і вуглекисла корозія менш небезпечна.

Корозія третього виду також викликана обмінними реакціями речовин, розчинених у воді з компонентами цементного каменю, однак продуктами їх є малорозчинні солі, кристалізація яких іде в порах і капілярах із збільшенням об'єму. Типовим прикладом корозії цього виду є сульфатна корозія. Вона викликається іонами SO_4^{2-} , джерелом яких є сульфати кальцію, магнію і натрію. Різновиди сульфатної – сульфоалюмінатна і гіпсова корозія. При сульфоалюмінатній корозії іде реакція між сульфатом кальцію, який міститься у воді, та гідроалюмінатами в цементному камені з утворенням еtringіту $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$, що супроводжується значним збільшенням об'єму і виникненням руйнівних напружень. При більшій концентрації сульфатів (більше $1000 \text{ мг/л } \text{SO}_4^{2-}$) в капілярах цементного каменю кристалізується гіпс (гіпсова корозія).

Корозію цементного каменю викликає також взаємодія лугів цементу з активним кремнеземом, який міститься в таких мінералах, як опал, халцедон та ін., що зустрічаються в заповнювачах бетону.

Небезпечні напруження при цьому є наслідком утворення драглеподібних лужних силікатів.

Хімічну корозію цементного каменю викликають не тільки природні води. Його руйнують різні хімічні продукти в конструкціях промислових і сільськогосподарських підприємств (органічні кислоти, масла, розчини гліцерину і цукру та ін.).

Вияснення причин і механізму корозії цементного каменю дозволяє вибрати спосіб підвищення його стійкості. У всіх випадках позитивно впливають підвищення густини бетону за рахунок зменшення водовмісту і водоцементного відношення бетонної суміші, а також введення пластифікуючих, полімерних та ін. добавок. Більш стійкими до корозії вилуговування і сульфатної корозії є цементи, які містять активні мінеральні добавки (пуцолановий і шлакопортландцемент). Для антикорозійного захисту застосовують просочування конструкцій бітумом, петролатумом і іншими смолами, обробку поверхонь розчином силікату натрію, кремнефтористих солей, а також гідроізолують бетон мастичними або рулонними бітумними і полімерними матеріалами, облицховують його природним каменем, пластмасами, керамічними та іншими матеріалами.

7.5. Різновиди цементу

Різні умови служби бетонів та розчинів в різноманітних середовищах та конструкціях обумовили необхідність виробництва широкого асортименту різ-

них видів цементу на основі портландцементного клінкеру. Більша частина всього обсягу випуску цементу в нашій країні припадає на портландцемент з мінеральними добавками (тип II). Використання різних мінеральних добавок призводить до економії найдорожчого та енергоємного напівфабрикату - портландцементного клінкеру та утилізації різних промислових відходів. Цей цемент більш водостійкий та корозійностійкий, ніж бездобавочний, має менше тепловиділення. Для виробництва надміцних, морозостійких бетонів і в ряді інших випадків використовують бездомішковий портландцемент або портландцемент, що містить до 5 % мінеральних добавок (тип I).

Швидкотвердіючі та надміцні цементи. Для виробництва збірного залізобетону раціональним є використання швидкотвердіючих та надміцних цементів, що забезпечують прискорене зростання міцності виробів та зниження витрат в'язучого на 1 м³ бетону.

Для швидкотвердіючого портландцементу додатковою вимогою є досягнення за 2 доби твердіння міцності на стиск не менше 15...25 МПа залежно від марки. Клінкер швидкотвердіючого цементу містить підвищену кількість (60...65 %) найбільш активних мінералів -трьохкальційового силікату C₃S та трикальційового алюмінату C₃A. Тонкість помелу його вища, питома поверхня досягає 3500 см²/г.

Збільшення в цементному клінкері вмісту C₃S до 60...65 % та питомої поверхні до 4000 см²/г і більше дозволяє отримати особливо швидкотвердіючі надміцні цементи з міцністю на стиск 25...30 МПа через 1 добу і 80...90 МПа у віці 28 діб. Однак при цьому різко зростають енерговитрати, знижується продуктивність обладнання.

В останні роки розроблена низка нових способів прискорення твердіння та підвищення активності цементів. До них відносять модифікування структури клінкерних мінералів або їх легування шляхом введення до цементу кристалізаційних затравок, так званих крентів. Кренти отримують з каоліну та сірчаної кислоти або сірчаноокислого заліза, а також з випаленого алуніту. До крентів відносять також деякі відходи хімічної промисловості (сульфоалюмінати, гідроксид та сульфат алюмінію та ін.). При введенні до цементу 45...60 кг/т крентів міцність його зростає на одну марку.

Розроблено технологію надшвидкотвердіючого портландцементу, що містить фтор. Як сировинні матеріали для нього використовуються вапняк, шлаки вторинної переплавки алюмінію, фториду кальцію та спеціальна добавка для утримування фтору у клінкері. Цемент, модифікований фтором, досягає через 6 год. нормального твердіння міцності на стиск 8 МПа. Використання фторовміщуючого цементу дозволяє забезпечити при виробництві залізобетонних виробів необхідну міцність вже за одну годину теплової обробки.

Перспективним напрямком отримання швидкотвердіючих в'язучих є виробництво сульфоалюмінатних клінкерів шляхом введення сульфатів до сировинних сумішей у кількості понад 5 %. Сульфоалюмінати кальцію, що утворюються при цьому, надають клінкеру здатність до швидкого твердіння, високу гідралічну активність. Джерелом сульфатів для виробництва сульфоалюмінатного клінкеру можуть бути фосфогіпс та інші гіпсові відходи.

Надшвидкотвердіючий цемент-бесаліт – отримують помелом клінкеру спеціального складу (сульфоалюмінатнобелітового) та гіпсу. Через 6 год. після затворювання бесаліт при температурі 20°C набуває міцності 7...15 МПа і більше, що дає можливість використовувати його для виготовлення збірних виробів та конструкцій без тепловологісної обробки. Для бесаліту характерні короткі строки тужавлення: початок – не раніше 5 хвилин, кінець – не пізніше 1 год., що потребує використання бетонної суміші відразу після виготовлення.

Технологія в'язучих низької водопотреби (ВНВ) ґрунтується на тонкому подрібненні портландцементу з додатковим введенням мінеральних добавок або без них і підвищених дозах сухого суперпластифікатору. Це в'язуче має низьку нормальну густоту цементного тіста (в середньому 18%) і в залежності від вмісту мінеральної добавки розподіляється на ВНВ-100, ВНВ-50, ВНВ-30. Використання ВНВ-100 дозволяє отримати бетони міцністю до 100 МПа і вище, а ВНВ-50 економити значну кількість цементу (до 45 %). Водночас виробництво ВНВ зв'язане з певними труднощами, до яких, у першу чергу належить необхідність використання сухого суперпластифікатору, а також його рівномірного розподілу в процесі помелу. Як більш простий та дешевий варіант є спосіб, заснований на виготовленні тонкомелених багатокомпонентних цементів з різними мінеральними добавками (ТБЦ) і питомою поверхнею 4500...5000 см²/г та наступним введенням рідких суперпластифікаторів з водою при приготуванні бетонної суміші.

Шлакопортландцемент – це гідравлічна в'язуча речовина, яку отримують шляхом тонкого помелу клінкеру, необхідної кількості гіпсу та гранульованого шлаку. У шлакопортландцементі може міститися 36...80 % гранульованого доменного шлаку.

Якість доменного шлаку характеризується переважно значенням коефіцієнту якості, що виражає відношення сумарного процентного вмісту оксидів CaO, MgO, Al₂O₃ до сумарного вмісту SiO₂ та Fe₂O₃. Цей коефіцієнт повинен бути не менше 1,65; 1,45 та 1,2 для доменного шлаку відповідно першого, другого та третього сортів.

Шлакопортландцемент, порівняно з портландцементом, має вищу стійкість у м'яких та мінералізованих водах, підвищену жаростійкість, що пояснюється незначним вмістом у цементному камені вільного гідроксиду кальцію. Він більш інтенсивно твердіє при тепловологісній обробці і повільніше тужавіє та твердіє при пониженій температурі, в нього нижча морозостійкість. Марки шлакопортландцементу М 300, М 400 та М 500.

Поряд із звичайним виготовляють також швидкотвердіючий та сульфатостійкий шлакопортландцемент. Для останнього використовують клінкер, що містить не більше 8% C₃A та шлак, що містить не більше 8 % Al₂O₃.

Шлакопортландцемент використовується переважно для бетонних і залізобетонних наземних, підземних та підводних конструкцій, які піддаються дії прісних вод, а також для виготовлення збірних конструкцій з використанням тепловологісної обробки, для приготування будівельних розчинів. Не допускається використовувати цей цемент для конструкцій, експлуатація яких потребує підвищеної морозостійкості, і для будівельних робіт при знижених температу-

рах без штучного підігріву, а також у спекотну та суху погоду без ретельного дотримання вологісного режиму твердіння.

Шлакопортландцемент – економічно ефективний вид цементу. В середньому 1 т сухого гранульованого шлаку майже втричі дешевше клінкеру. Витрати умовного палива на виробництво 1 т шлакопортландцементу на 97...117 кг менші, ніж на виробництво бездомішкового портландцементу тієї ж марки. Енергоємність шлакопортландцементу в середньому на 25 % нижче енергоємності портландцементу з мінеральними добавками.

Сульфатостійкі цементи. До цієї групи цементів входять сульфатостійкі портландцемент та портландцемент з мінеральними добавками, пуцолановий портландцемент та сульфатостійкий шлакопортландцемент.

Сульфатостійкий портландцемент відрізняється від звичайного підвищеною стійкістю відносно до сульфатної агресії в умовах систематичного попереминого заморожування та відтаювання або зволоження та висушування. Ця головна особливість сульфатостійкого портландцементу, що враховується при використанні його в бетонних та залізобетонних конструкціях, забезпечується застосуванням клінкеру нормованого мінералогічного складу з низьким вмістом трикальцієвого алюмінату C_3A . Розрахунковий мінералогічний склад такого клінкеру має відповідати трьом умовам: 1) вміст C_3A не більше 5 %; 2) вміст C_3S не більше 50 %; 3) сума $C_3A + C_4AF$ не більше 22 %.

Поряд з сульфатостійким портландцементом, до якого не дозволяється вводити мінеральні добавки, промисловість випускає сульфатостійкий портландцемент з мінеральними добавками, якими можуть бути гранульовані доменні та електротермофосфорні шлаки (10...20 % при вмісті Al_2O_3 до 8 % та осадові породи, крім глієжів – природно випалених глинистих порід (5...10 %)).

Занижений вміст C_3S та C_3A викликає порівняно невисоку швидкість зростання міцності та тепловиділення сульфатостійкого портландцементу. Для нього характерна зазвичай марка М 400.

В клінкері сульфатостійкого портландцементу з мінеральними добавками вміст C_3S не нормується. Цей цемент випускається марок М 400 та М 500. Сульфатостійкість цементів, як і низка інших їхніх властивостей, покращується при введенні поверхнево-активних речовин.

Пуцолановий портландцемент – гідравлічна в'язуча речовина, яку отримують шляхом сумісного тонкого подрібнення клінкеру, кислої активної мінеральної (гідравлічної) добавки та гіпсу.

Значна кількість активних мінеральних добавок у пуцолановому цементі також, як і в шлакопортландцементі, підвищує водо-та сульфатостійкість. В пуцолановому портландцементі цьому сприяє також обмеження трикальцієвого алюмінату ($C_3A \leq 8\%$). Понижена густина пуцоланового портландцементу (2,7...2,9 г/см³) призводить до підвищеного виходу з нього цементного тіста. Це, а також ущільнення цементного каменю внаслідок набухання добавок, забезпечує більш високу водонепроникність бетонів на пуцолановому портландцементі. По мірі розбавлення цементів мінеральними добавками знижується їх тепловиділення при твердінні та тріщиноутворення в масивному гідротехнічному бетоні.

Пуцолановий портландцемент при звичайних і особливо при низьких температурах твердіє повільно. Зростання міцності цього цементу особливо сповільнюється при твердінні його на повітрі. При введенні до цементу деяких мінеральних добавок (діатоміту, трепелу тощо) збільшуються витрати води і відповідно цементу у бетонних сумішах. Бетони та розчини на пуцолановому портландцементі неморозостійкі. Їх недоліками також є велика усадка, низька стійкість до поперемінного зволоження та висушування.

Найбільш раціональним є використання пуцоланового портландцементу для підземних та підводних конструкцій підвищеної водонепроникності та стійкості як у м'яких, так і у мінералізованих водах. Можна використовувати його і для наземних конструкцій, що знаходяться в умовах підвищеної вологості, але не зазнають заморожування та відтавання. Проміжне положення між шлакопортландцементом і пуцолановими цементами займають композиційні цементами, в які вводять композицію мінеральних добавок: доменний шлак і пуцолани.

Цемент для будівельних розчинів виготовляють сумісним помелом портландцементного клінкеру, активних мінеральних добавок та наповнювачів.

Вміст клінкеру повинен бути не менше, ніж 20 % від маси всього в'язучого. Як тонкомелені добавки-наповнювачі використовують золу – винос, кварцовий пісок, вапняк тощо. Випускають такий цемент марки М 200.

У зв'язку зі сповільненим твердінням цей цемент використовують, здебільшого при температурі повітря не нижче 10°C для виготовлення мурувальних та штукатурних розчинів, а також низькомарочних бетонів, до яких не висувають вимог на морозостійкість.

Цементи з добавками ПАР. До портландцементів різних видів та марок при подрібненні дозволяється вводити поверхневоактивні речовини (ПАР) у кількості не більше 0,3 % за масою. В процесі подрібнення цементу ПАР адсорбуються на його зернах та надають йому низку властивостей. Розрізняють гідрофілізуючі та гідрофобізуючі ПАР.

Гідрофілізуючі ПАР поглинаються на поверхні зерен цементу та утворюють гідрофільні плівки, які сприяють кращому змочуванню частинок водою, зменшенню їх зчеплення та підвищенню пластичності цементного тіста. З гідрофілізуючих ПАР найширше використовують технічні лігносульфати (ЛСТ). При введенні цих, а також інших пластифікуючих добавок, як правило, у кількості 0,15...0,3 % в процесі подрібнення отримують пластифікований портландцемент.

Пластичність цементів визначають за ступенем розпливу конусу з цементно-піщаного розчину на струшуючому столику. Розчин із суміші пластифікованого портландцементу з нормальним (вольським) піском складу 1:3 (за масою) при водоцементному відношенні (В/Ц), що дорівнює 0,4, після 30 струшувань на струшуючому столику має розплив конуса не менше 135 мм. Для непластифікованого портландцементу цей показник становить 106...115 мм.

Використання пластифікованого портландцементу дозволяє без збільшення витрат води отримати бетонну суміш більшої рухливості та полегшити її укладання або при незмінних рухомості та водоцементному відношенні знизити

на 8...12 % витрати цементу. При збереженні встановленої витрати цементу та необхідної рухливості зменшується водоцементне відношення бетонної суміші, що призводить до підвищення міцності, морозостійкості та водонепроникності бетону.

Гідрофобізований (гідрофобний) портландцемент запропонований М.І. Хігеровичем та Б. Г. Скрамтаєвим. На відміну від пластифікованого, його одержують при введенні до складу цементу в процесі подрібнення гідрофобізуючих добавок (милонафту, асидолу, синтетичних жирних кислот тощо). Гідрофобізуючі добавки утворюють на зернах цементу найтонші адсорбційні шари – водонезмочувані оболонки. Крапля води на поверхні гідрофобних цементів не має всмоктуватися протягом 5 хвилин. Гідрофобність цементу обумовлює його головну перевагу – (рис. 7.2) здатність до тривалого зберігання. Гідрофобізовані цементы не знижують активність протягом 1...2 років навіть у несприятливих умовах, в той час як звичайні цементы вже за 3...6 місяців втрачають до 30 % і більше початкової міцності. При перемішуванні з водою цих цементів гідрофобні оболонки руйнуються, що забезпечує нормальне протікання процесів гідратації та твердіння.

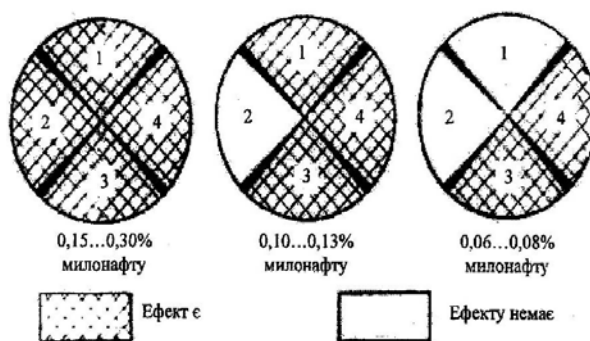


Рис. 7.2 – Технологічний ефект при гідрофобізації цементів (за М. І. Хігеровичем): 1 – інтенсифікація помелу; 2 – збереження активності; 3 – пластифікація розчинів і бетонів; 4 – підвищення стійкості розчинів і бетонів

Гідрофобізація цементу сприяє підвищенню щільності та покращенню структури цементного каменю, що дозволяє досягти більшої морозостійкості та водонепроникності бетонів, їх стійкості в агресивних водах, зменшити висолотворення в штукатурно-оздоблювальних розчинах і т. д. Адсорбційно-змащувальна дія гідрофобізуючих ПАР сприяє більш високій рухомості бетонних сумішей та розчинів.

Гідрофобізовані та пластифіковані цементы випускають таких самих марок, що й звичайні; добавки ПАР можуть дещо сповільнити зростання міцності у перші строки твердіння.

Розширні та напружуючі цементы. Для звичайних цементів при твердінні на повітрі характерна усадка, яка викликає розтягуючі напруження в бетоні, навіть до утворення тріщин. Спеціальні цементы, що дають при твердінні приріст об'єму, називають розширними. Розширення цементів, характерне при твердінні в ранньому віці, компенсує негативний вплив усадочних деформацій в майбутньому. Цементи, що розширюються, здебільшого є змішаними і склада-

ються з основної в'язучої речовини та добавки, яка розширюється. Розширення цементного каменя відбувається, переважно за рахунок хімічної взаємодії компонентів добавки та утворення гідросульфоалюмінатів кальцію, а також $\text{Ca}(\text{OH})_2$ та $\text{Mq}(\text{OH})_2$.

Для отримання розчинів і бетонів, що розширюються, та безусадкових розчинів і бетонів, заробки швів та стиків використовують розширний портландцемент, який отримують сумісним тонким подрібненням 58...65 % портландцементного клінкеру, 5...7 % високоглиноземистого шлаку, 7... 10 % двоводного гіпсу та 23...28 % активної мінеральної добавки. Його випускають марок М 400, М 500 та М 600. Початок тужавлення настає не раніше ніж за 30 хвилин, а кінець – не пізніше 12 год. після затворення. Лінійне розширення зразків цементного каменя з тіста нормальної густоти через одну добу має бути неменше 0,15 %, а через 28 – неменше 0,2 % і не більше 2 %.

Напружуючі цементи є різновидом цементів, що розширюються. Вони мають енергію розширення, достатню для натягування арматури в залізобетонних конструкціях. Їх поділяють на цементи з малою НЦ-10 (до 1 МПа), НЦ 20 (до 2 МПа), середньою НЦ 40 (до 4 МПа) та високою НЦ 60 (до 6 МПа) енергією розширення. Цементи, що напружуються, випускають як для умов теплової обробки (НЦТ), так і для нормального твердіння (НЦН). Використання цих цементів дозволяє створювати ефективні дво- і навіть трихвісно попередньо напружені конструкції. Їх використання дозволяє до 30...50% зменшити витрати арматури, у ряді випадків відмовитися від спеціальних гідроізоляційних покриттів.

Напружуючий портландцемент отримують шляхом тонкого подрібнення 65...70 % портландцементного клінкеру, 16...20 % високоглиноземистого шлаку та 14...16 % гіпсу. У цементі НЦ-10 частина глиноземистих шлаків замінена гранульованими доменними шлаками. Відносне лінійне розширення становить 3...4 %. Початок тужавлення спостерігається через 2...8 хвилин, кінець – через 6...15 хвилин після замішування. Міцність зразків, що твердіють у воді, віком в одну добу досягає 20...30 МПа. Затверділі зразки мають повну водонепроникність під тиском води до 2,1 МПа.

Розроблено технологію напружуючого цементу на основі сульфоалюмінатного клінкеру, що містить як основний мінерал сульфоалюмінат кальцію.

Такий клінкер отримують випалюванням каоліну або золи ТЕС в суміші з вапняком та гіпсом.

Білий портландцемент отримують шляхом сумісного помелу білого малозалізного клінкеру, мінеральних добавок та гіпсу. За ступенем білизни його поділяють на три сорти. Кольорові портландцементи одержують додатковим введенням пігментів.

Крім розглянутих вище цементів на основі портландцементного клінкеру виготовляють ряд інших різновидів: тампонажні, для азбестоцементних виробів, дорожні цементи та ін.

Глиноземистий цемент. Глиноземистий цемент – швидкотвердіюча гідравлічна в'язуча речовина, яка отримується тонким помелом клінкеру, в якому переважають низькоосновні алюмінати кальцію. Щоб отримати потрібний мі-

нералогічний склад глиноземистого цементу, необхідно в сировинній суміші забезпечити переважання оксидів Al_2O_3 (35...50 %) і CaO (30...45 %). З цією метою як вихідні матеріали застосовують високоглиноземисту сировину – боксити і вапняки. Подрібнюють глиноземистий цемент до проходження через сито № 008 не менше 90 % маси проби. Водопотреба глиноземистого цементу така сама, як і в портландцементу (23...28 %), початок тужавлення настає не раніше ніж за 30 хв. За 5...6 год. твердіння міцність глиноземистого цементу досягає 30 %, а в добовому віці – 80...90 % марочної. На відміну від портландцементу і його різновидів, марочна міцність глиноземистого цементу визначається не у віці 28 діб, а через 3 доби з моменту виготовлення зразків. Марки його М 400, М 500 і М 600.

Глиноземистий цемент твердіє порівняно швидко не тільки при нормальних, але і при понижених позитивних температурах. Цьому сприяє його високе тепловиділення при гідратації. Бетони на глиноземистому цементі мають високу водо-, сульфато-, морозо-і жаростійкість. Глиноземистий цемент значно дорожчий від портландцементу, тому його застосовують тільки при аварійних роботах. На основі глиноземистого цементу випускають основні види розширених цементів: гіпсоглиноземистий і водонепроникний. Гіпсоглиноземистий отримують сумісним помелом клінкеру глиноземистого цементу і гіпсу в співвідношенні 70 : 30 (за масою), а водонепроникний – сумісним помелом або змішуванням 73...76 % глиноземистого цементу, 20...22 % гіпсу і 10...11 % високоосновних гідроалюмінатів кальцію. Особливістю цього цементу є короткі строки тужавлення: початок – не раніше 4 хв., кінець – не пізніше 10 хв.

7.6. Транспортування і зберігання в'язучих матеріалів

В'язучі матеріали відвантажують в клапанних паперових мішках або навалом в спеціальних транспортних засобах: авто- або залізничних цементовозах, критих вагонах і т.д. Цементи повинні зберігатися роздільно за видами і марками в стаціонарних або пересувних автоматизованих складах (силосах), чи в спеціальних контейнерах або бункерах, які мають пристосування для прийому і видачі цементу. У паспорті на цемент, який видає завод-виробник, вказуються номер партії, повне найменування цементу і його гарантована марка, вид і кількість добавок, нормальна густина цементного тіста, середня активність цементу при пропарюванні та інші дані.

Завдання до самостійної роботи

1. Розглянути значення кожного мінералу клінкеру цементу для отримання цементів заданих властивостей.
2. Дати визначення *твердінню* та *тужавінню*.
3. Навести схему взаємодії клінкерних мінералів із водою.
4. Порівняти стійкість цементного каменю в різних агресивних середовищах.
5. Охарактеризувати спеціальні види портландцементу.

Лекція 8

БЕТОНИ ТА ЇХНЄ ВИКОРИСТАННЯ

8.1. Загальні відомості. Класифікація бетонів

Бетон – штучний композиційний матеріал, одержуваний в результаті формування і твердіння раціонально підібраної бетонної суміші, що складається з в'язучої речовини, дрібного і великого заповнювачів, води і спеціальних добавок.

Бетон є основою отримання залізобетону – найпоширенішого конструкційного будівельного матеріалу із заданими властивостями. Це зумовлює його можливості широкого застосування в різних сферах капітального будівництва.

Наразі в будівництві бетон є одним з найважливіших будівельних матеріалів. Поширення бетон набув завдяки найважливішим своїм **перевагам** над іншими матеріалами:

I. *Технологічність* – необмежені запаси сировини, порівняльна простота переробки, безвідходне виробництво, можливість управління структурою і властивостями в процесі виробництва, можливість отримання на основі однієї і тієї ж початкової сировини виробів з різними властивостями, розмірами і формами, можливість механізації і автоматизації виробничих процесів.

II. *Економічність* – мала собівартість, широке використання місцевих матеріалів, порівняно малі витрати енергії і висококваліфікованих трудових ресурсів, можливість цілорічного проведення робіт, невисокі експлуатаційні витрати.

III. *Довговічність* – в умовах вогкості, властивій нашій планеті, бетон набирає з часом міцність.

Недоліки бетону – велика вага, мала міцність на розтягу порівняно з міцністю на стиснення, (що усувається армуванням (озброєнням) бетону металевою арматурою), тривалість процесів твердіння бетону, усадка, повзучість, корозія бетону.

За **щільністю** бетони поділяють на:

- *особливо важкі* (щільність більш 2500 кг/м^3);
- *важкі звичайні* ($2200 \dots 2500 \text{ кг/м}^3$);
- *полегшені* ($1800 \dots 2200 \text{ кг/м}^3$);
- *легкі* ($500 \dots 1800 \text{ кг/м}^3$);
- *особливо легкі теплоізоляційні* (500 кг/м^3).

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

на мінеральних в'язучих:

- цементні
- силікатні (на вапняному в'язучому)
- на гіпсовому в'язучому
- на змішаних в'язучих
- на спеціальних в'язучих

на органічних в'язучих:

- асфальтові бетони
- П-бетони (бетони з добавками полімерів або на їхній основі)

За **структурою будови** розрізняють бетони: зі *зливою* структурою; *комірні*; *крупнопоруваті* бетони.

За **призначенням** виділяють такі види бетонів:

Конструкційні – звичайні бетони для несучих елементів споруд і конструкцій сприймаючих механічні навантаження.

Транспортні (в т.ч. і дорожні) – для конструкцій і елементів пристроїв, що працюють в нестабільних умовах дії середовища і навантажень - дорожні і аеродромні покриття, підрейкові підстави, мости, труби. Це бетони, що володіють високою морозостійкістю, динамічною і втомною міцністю.

Гідротехнічні – для експлуатації при безперервній зміні циклів зволоження і висушування, заморожування і відтавання, можливості сольової корозії.

Облицювальні і обробні бетони.

Спеціальні бетони – для захисту навколишнього середовища і людей від радіоактивного випромінювання і від його проникнення; кислотостійкі, жаростійкі, теплоізоляційні і ін.

За **видом заповнювача:**

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

За **зерновим складом:**

- *грубозернистий*;
- *дрібнозернистий*.

За **умовами тверднення:**

- бетони *природного твердіння*, твердіють при температурі 15...20 °С і атмосферному тиску;
- бетони, що зазнають *теплової обробки* (70...90 °С) при атмосферному тиску, з метою прискорення твердіння;
- бетони *автоклавної обробки*, тверднучі при температурі 175...200 °С і тиску пари 0,9...1,6 МПа.

8.2. Властивості бетонної суміші

Суміш, що складається з в'язучої речовини, великого й дрібного заповнювачів і води до затвердіння має назву **бетонної суміші**. Бетонна суміш становить собою пластично-в'язку масу, яка порівняно легко набуває будь-якої форми, а потім самовільно переходить у каменеподібний стан.

Одна з головних властивостей бетонної суміші – **тиксотронія** – здатність розріджуватися при періодично повторюваних механічних впливах (наприклад, вібрації) і знову загуснути при припиненні цього впливу. Механізм тиксотропного 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 бе-

тонної 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 (рис. 8.1). Для цього металеву форму-конус, установлену на горизонтальній поверхні, заповнюють бетонною сумішшю у 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 ухливості.

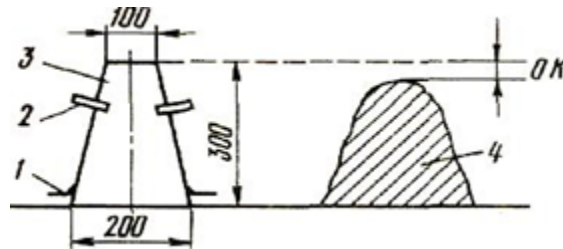


Рис. 8.1 – Визначення рухливості бетонних сумішей за осадкою конуса (ОК):
1 – опори; 2 – ручки; 3 – форма – конус; 4 – бетонна суміш

Твердість – характеристика зручноукладуваності бетонних сумішей, в яких не спостерігаються опади конуса ($OK = 0$). Її визначають за часом вібрації (у секундах), необхідним для вирівнювання й ущільнення попередньо відформованого конуса з бетонної суміші за допомогою спеціального приладу. Прилад закріплюють на стандартній віброплощині, у нього вставляють форму-конус. Конус заповнюють бетонною сумішшю в три шари, штикуючи кожен шар. Після цього включають вібратор. Час, протягом якого суміш розподілиться в циліндричній формі рівномірно, приймається за показник твердості суміші (Ж).

Зв'язність – здатність бетонної суміші зберігати однорідну структуру, тобто не розшаровуватися в процесі транспортування, укладання і ущільнення. При механічних впливах на бетонну суміш у результаті її тиксотропного розрідження частина води як найбільш легкого компонента відтискується нагору. Великий заповнювач, щільність якого звичайно більше щільності розчинної частини (суміші цементу, піску і води), опускається вниз. Легкі заповнювачі (керамзит та ін.), навпаки, можуть спливати. Усе це робить бетон неоднорідним, знижує його міцність показники і морозостійкість.

Зазначені властивості бетонної суміші забезпечуються правильним добором складу бетону.

8.3. Основи технології бетону

Виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій включає наступні технологічні операції:

- добір складу бетону;
- приготування і транспортування бетонної суміші;
- її укладання й ущільнення;
- забезпечення необхідного режиму затвердіння бетону.

Склад бетону має 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 нижчою.

Приготування бетонної суміші здійснюють у спеціальних агрегатах — бетонозмішувачах різних конструкцій і різної місткості (від 75 до 4500 дм³).

За принципом дії розрізняють бетонозмішувачі вільного падіння і примусового перемішування.

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

Час перемішування залежить від рухливості бетонної суміші і місткості бетонозмішувача.

Такі готові суміші називають товарним бетоном.

Транспортування бетонної суміші. На будівельних об'єктах і заводах збірного залізобетону суміш транспортують у вагонетках, перекачують бетононасосами і подають транспортерами. Обов'язкова вимога до всіх видів транспортування бетонної суміші – збереження її однорідності й рухливості. На великі відстані транспортування здійснюється у спеціальних машинах – бетоновозах, що мають грушоподібну ємкість. У зимовий час має бути передбачатися 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 за перетином 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 ви-

ду 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.

8.4. Твердіння бетону

Нормальне зростання міцності бетону відбувається в умовах позитивної температури (15...25 °С) і постійної вологості. Дотримання цих умов особливо важливе в перші 10...15 діб твердіння, коли бетон інтенсивно набирає міцності (рис. 8.2).

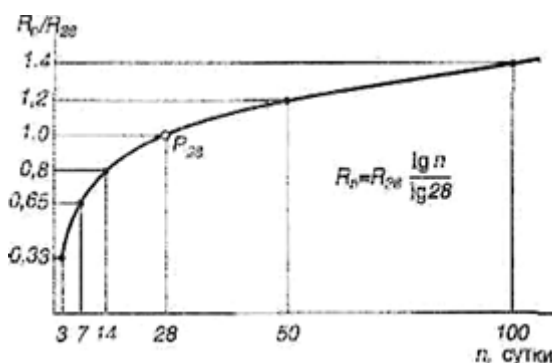


Рис. 8.2 – Зміна міцності бетону в часі в умовах нормального твердіння:

R – міцність бетону; n – час твердіння, діб

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 електropідігрівом).

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 відпускну міцності (70...80 % марочної) скорочується до 10...16 год. (при твердінні в природних умовах для цього потрібно 10... 15 діб). Для силікатних бетонів використовують автоклавну обробку в середовищі насиченої пари високої температури 175...200° С і при тиску 0,8...1,3 МПа. У цьому випадку процес твердіння триває 8...10 год.

Для прискорення набору міцності бетоном застосовують швидкотвердіючі (БТЦ) і особливо швидкотвердіючі (ОБТЦ) цементи. Швидше за інші досягає марочної міцності (за три дні) бетон на глиноземистому цементі, але останній не можна використовувати за температури навколишнього середовища в час твердіння вище 30...35 °С.

8.5. Основні властивості важкого бетону

Важкий бетон – основний конструкційний будівельний матеріал, тому оцінці його міцнісних властивостей приділяється велика увага. Міцнісні характеристики бетону визначаються суворо 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 стисканні значно (у 10...15 разів) вища, ніж при розтягуванні й вигинанні. Тому в будівельних конструкціях бетон зазвичай 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 цього бетону через 28 діб нормального твердіння. Для цього використовують зразки-куби розміром 150 x 150 x 150 мм, виготовлені з робочої бетонної суміші й стверділі при $(20 \pm 2)^\circ \text{C}$ на повітрі при відносній вологості 95 % (чи за інших умов, що забезпечують збереження вологи в бетоні).

Клас бетону – це кількісна характеристика якої-небудь його властивості (у тому числі міцності), прийнята з гарантованою забезпеченістю (зазвичай 0,95). Це значить, що встановлена класом властивість, наприклад, міцність бетону, досягається не менш ніж у 95 випадках зі 100.

Поняття «клас бетону» дозволяє призначати міцність бетону з урахуванням її фактичної чи можливої варіації. Чим менша мінливість міцності, тим вищий клас бетону за однієї і тієї ж середньої міцності.

Установлені наступні класи важкого бетону за міцністю на стиск (МПа): C8/10, C12/15, C16/20, C20/25, C25/30, C30/37, C35/45, C40/50, C45/55, C50/60, C55/67, C60/75, C70/85, C80/95, C90/105, C100/115

Повзучість – схильність бетону до зростання пластичних деформацій при тривалій дії статичного навантаження. Повзучість бетону також зв'язана з пластичними властивостями цементного гелю й 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 вища, чим більший об'єм цементного тіста в бетоні. У середньому усадка важкого бетону складає 0,3...0,4 мм/м.

Поруватість. Причина її виникнення криється в надлишковій кількості води затворення. Бетонна суміш після правильного укладання становить 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-поруватій будові бетон може поглинати вологу як при контакті з нею, так і безпосередньо з повітря. Гігроскопічне вологовбирання у важкому бетоні незначне, але в легких бетонах (особливо в комірних) може досягати відповідно 7...8 і 20...25 %.

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

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

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

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

За водонепроникністю бетон поділяють на марки W 0,2; W 0,4; W 0,6; W 0,8 і W 1,2. Марка означає тиск води (МПА), за якого 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 $(18 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ попередньо насичених водою зразків випробуваного бетону. Тривалість одного циклу – 5...10 год. залежно від розміру зразків.

За марку по морозостійкості приймають найбільшу кількість циклів «заморожування – відтавання», яку зразки витримують без зниження міцності на стиск більше 5 % порівняно з міцністю контрольних зразків на початку випробувань. Установлено наступні марки бетону за морозостійкістю: F 25; F 35; F 50; F 75; F 100...F 1000.

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

Теплопровідність важкого бетону навіть у повітряно-сухому стані велика – приблизно 1,2...1,5 Вт/(м •⁰С), тобто в 1,5...2 рази вище, ніж у цегли. Тому використовувати важкий бетон у конструкціях, що огорожують, можна тільки разом з ефективною теплоізоляцією. Легкі бетони, особливо комірні, мають не-

високу теплопровідність $0,1 \dots 0,5 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{С)}$, і їхнє застосування в конструкціях, що огорожують, переважає.

Теплоємність важкого бетону, як і інших кам'яних матеріалів, перебуває в межах $0,75 \dots 0,92 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$; у середньому – $0,84 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$.

8.6. Легкі бетони

Легкі бетони (на початку ХХ ст. їх називали «теплі бетони») – бетони зі щільністю менше 1800 кг/м^3 – універсальний матеріал, який огорожують і несуть конструкції житлових і промислових будинків.

Їх застосовували ще в Давньому Римі. Для одержання легких бетонів тоді використовували природний заповнювач – пемзу й туф, а також бій кераміки і навіть порожні глиняні посудини. Наразі ці заповнювачі також використовують як місцевий матеріал.

Широкий розвиток легкі бетони одержали у другій половині ХХ ст., коли почалося масове виробництво штучних пористих заповнювачів – керамзиту, аглопориту, жужільної пемзи та ін.

З легких бетонів виготовляють більшість стінових панелей і блоків, плит покрівельних покриттів та каменів для укладання стін. Термін «легкі бетони» поєднує велику групу різних за складом, структурою і властивостями бетонів.

Істотним недоліком важкого бетону є велика щільність ($2400 \dots 2500 \text{ кг/м}^3$). 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* (щільність – $1400 \dots 1800 \text{ кг/м}^3$);
- *конструктивно-теплоізоляційні* (щільність – $600 \dots 1400 \text{ кг/м}^3$);
- *теплоізоляційні* – особливо легкі (щільність $< 600 \text{ кг/м}^3$).

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

- *бетони зливої будови на поруватих заповнювачах*;
- *комірні бетони*, у складі яких немає ні великого, ні дрібного заповнювача, а їхню роль виконують дрібні сферичні пори;
- *крупнопоруваті*, у яких відсутні дрібний заповнювач, унаслідок чого між частками великого заповнювача утворюються порожнечі.

Визначені такі **класи міцності** при стисненні легких бетонів: LC8/9, LC12/13, LC16/18, LC20/22, LC25/28, LC30/33, LC35/38, LC40/44, LC45/50, LC50/55, LC55/60, LC60/66, LC70/77, LC80/88.

Класи за густиною легких бетонів

Клас об'ємної густини легкого бетону	D1,0	D1,2	D1,4	D1,6	D1,8
Діапазон об'ємної густини, кг/м^3	<800 - 1000	<1000 - 1200	<1200 - 1400	<1400 - 1600	<1600 - 1800

Особливості технології легких бетонів пов'язані зі специфікою поруватих заповнювачів: їхня щільність менша 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.

8.6.1. Легкі бетони на пористих заповнювачах

Поруваті 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 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ цементні камені. Щільність і міцність контактної зони «цементний камінь – поруватий 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 та 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. 8.1). Збільшення об'ємної вологості на 1 % підвищує теплопровідність бетону на $0,015 \dots 0,035 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$.

Таблиця 8.1 – Середні значення теплопровідності легких бетонів

Бетон	Теплопровідність, $\text{Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$, при середній щільності бетону, кг/м^3 , дорівнює						
	600	800	1000	1200	1400	1600	1800
Керамзитобетон	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Перлитобетон	0,15	0,22	0,28	0,35	0,4	0,45	0,55
Шлакопемзобетон				0,35	0,4	0,5	0,6

Морозостійкість легких бетонів при їхній поруватій структурі досить висока. Рядові легкі бетони мають морозостійкість у межах F 25...F 100. Для спеціальних цілей можуть бути отримані легкі бетони з морозостійкістю F 200, F 300 і F 400.

Водонепроникність у легких бетонів висока, що збільшується зі ствердінням бетону за рахунок ущільнення контактної зони «цементний камінь – заповнювач», що становить найуразливіше місце для проникнення води у звичайному бетоні. Установлено наступні марки легких бетонів за водонепроникністю: W 2; W 4; W 6; W 8; W 10; W 12 (тиск води, атм, не зухвалої фільтрації при стандартних випробуваннях).

8.6.2. Комірні бетони

Комірні бетони на 60...85 % за обсягом складаються з замкнутих пор розміром 0,2...2 мм. Комірні бетони одержують при затвердінні насиченої газовими пухирцями суміші в'язучого, кремнеземистого компоненту і води. Завдяки високопоруватій структурі середня щільність комірнього 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 поруватість у процесі виготовлення.

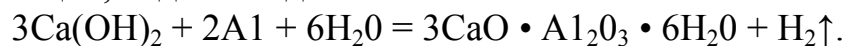
В'язучим у комірних бетонів може бути портландцемент (чи вапно) із кремнеземистим компонентом. При застосуванні вапняно-кремнеземистих в'язучих одержувані бетони називають газо- і піносилікатами.

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

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

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

Газобетон і газосилікат одержують, спучуючи тісто в'язучого газом, що виділяється при хімічній реакції між речовинногазоутворювачем 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 та піносилікати 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 комірних бетонів визначаються їхньою пористістю, видом в'язучого й умовами твердіння.

Для руху повітря пори комірних бетонів замкнуті, а для проникнення води – відкриті. Тому водопоглинання комірнього бетону досить високе (табл. 8.2) і морозостійкість, відповідно, знижена порівняно з бетонами зливої структури.

Гідрофільність цементного каменю і велика поруватість обумовлюють високу сорбційну вологість. Це позначається на теплоізоляційних показниках комірнього бетону (табл. 8.2). Тому при використанні комірнього бетону в огорожувальних конструкціях його зовнішню поверхню необхідно захищати від контакту з водою чи гідрофобізувати.

Таблиця 8.2 – 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
Поруватість, %	73	70	67	63	60	56
Водопоглинання (за обсягом), %	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
за вологості 8 %	0,22	0,24	0,28	0,32	0,34	0,37

Міцність комірних бетонів залежить від їхньої середньої щільності і знаходиться в межах 1,5...15 МПа. Комірні бетони і вироби з них володіють гарними звукоізоляційними властивостями, вони вогнестійкі й легко піддаються механічній обробці (пилянню і свердленню).

Найбільш раціональна сфера застосування комірних бетонів – огорожувальні конструкції (стіни) житлових і промислових будинків: несучі – для малоповерхових будинків і конструкцій, що не несуть – для багатоповерхових, які мають несучий каркас.

8.6.3. Крупнопоруватий бетон

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

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

8.7. Спеціальні види бетонів

Спеціальні бетони здатні працювати в екстремальних умовах і мають властивості, нехарактерні 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 на монолітний керамічний матеріал. Із таких бетонів виконують футерування 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, у які на стадії приготування суміші вводиться полімерна домішка. Домішки становлять водяні дисперсії (емульсії, латекси) чи редісперговані сухі порошки (як сухе молоко) тих же полімерів. Вміст полімеру в полімерцементних бетонах – 5...15 % від маси цементу.

Завдання для самостійної роботи

1. Які існують способи одержання легких бетонів.
2. Який бетон використовують у сучасному будівництві.
3. Унаслідок чого утворюється міцність силікатної цегли? Її основні властивості.

Лекція 9

БУДІВЕЛЬНІ РОЗЧИНИ Й СУХІ БУДІВЕЛЬНІ СУМІШІ

9.1. Загальні відомості

Протягом багатьох віків архітектура й будівництво були безпосередньо пов'язані із 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 їхнього 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 цемент, ще приблизно стільки ж підприємств випускають товарний гіпс і вапно.

Сухі суміші вперше з'явилися на ринку України на початку 90-х років, їхня адаптація у вітчизняному будівництві зайняла 5 років. На сьогодні сухі суміші практично витіснили «мокре» виробництво розчинів. Крім того, розвиток індустрії сухих сумішей сприяв виникненню нових напрямків розвитку будівельної хімії.

9.2. Будівельні розчини

Будівельним розчином називають матеріал, одержуваний в результаті затвердіння раціонально підібраної 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:

- **мурувальні** – для виконання мурування з цегли, штучних каменів і блоків;
- **оздоблювальні** – для тинькування зовнішніх і внутрішніх поверхонь конструкцій;
- **спеціальні** - декоративні, гідроізоляційні, тампонажні;
- **монтажні** – для заповнення швів між великими залізобетонними елементами домобудування,

За щільністю розрізняють:

- **звичайні важкі** (щільність більше 1500 кг/м^3), одержувані із застосуванням щільних природних пісків;

- **легкі** (щільність менше 1500 кг/м^3), що виготовляються на пористих заповнювачах (керамзитовий пісок, спучений перліт і т.д.).

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

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

9.2.1. Матеріали для виготовлення розчинних сумішей

В'язучі речовини. Для виготовлення будівельних розчинів, як правило, застосовують портландцемент і шлакопортландцемент, марка яких повинна бути в 3 - 4 рази більше марки розчину. Повітряне вапно в розчинну суміш найчастіше вводять у вигляді вапняного тіста.

Піски для виготовлення будівельних розчинів повинні відповідати тим же вимогам ДСТУ, 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 зручності укладання розчинної суміші при укладанні її на пористу основу. Цегла, комірний 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 замкнені пори, зменшують водопоглинання і збільшують морозостійкість розчину.

Прискорювачі твердіння додають у розчинні суміші, призначені для зимового мурування й тинькування. Хлористий кальцій, поташ, хлорне вапно і хлористий натрій знижують температуру замерзання розчинної суміші, прискорюють твердіння суміші.

9.2.2. Властивості розчинних сумішей і стверділих 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. 9.1 наведені марки розчинової суміші за рухомістю.

Таблиця 9.1 – Марки розчинової суміші за рухливістю

Марки розчинової суміші за рухомістю	Глибина занурення конуса, см	Призначення розчинової суміші
П 4	Від 1 до 4 включно	Бутове мурування, ущільнення вібруванням
П 8	Вище 4 до 8 включно	Бутове мурування звичайна із порожнистої цегли і каменю, монтаж стін із крупних блоків і панелей, розширення горизонтальних і вертикальних швів у стінах із панелей і блоків, облицювальні роботи
П 12	Вище 8 до 12 включно	Мурування зі звичайної цегли і різного виду каменя тинькувальні й облицювальні роботи.
П 14	Вище 12 до 14 включно	Заповнення порожнин у бутовому муруванні

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 порувату основу чи при транспортуванні. Якщо розчинну суміш з малою **водоутримувальною** здатністю нанести на пористу поверхню, то розчинний шар швидко зневодниться в результаті відсмоктування води в пори. У цьому випадку затверділий розчин буде поруватим і неміцним.

Чим менша **водоутримувальна** здатність розчинної суміші, тим імовірніше її розширення при транспортуванні (пісок осідає вниз, вода виявиться нагорі). Одним зі способів збільшення **водоутримувальної** здатності є введення мінеральних порошків (вапна, глини) чи загущуючих водорозчинних полімерних добавок (метилцеллюлоза, карбоксиметилцеллюлоза і т. д.).

Розширюваність 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 $70,7 \times 70,7 \times 70,7$ мм. Випробовувані зразки твердіють на повітрі 28 діб при температурі $(20 \pm 5)^{\circ} \text{C}$. За міцністю на стиск, вираженою в кгс/см^2 , 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.

Морозостійкість розчинів визначається кількістю циклів «заморожування і відтавання» до втрати 25 % початкової міцності(чи 5 % від маси). Розчини для кам'яного мурування зовнішніх стін і зовнішнього тинькування мають такі марки за морозостійкістю F 10, F 15, F 25, F 35 і F 50. Із урахуванням вологих умов експлуатації марка розчину задовольняє і більш високі вимоги за морозостійкістю: F 100; F 150; F 200; F 300.

9.2.3. Добір складу, приготування і транспортування розчинів

Добір 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 припадає 0,7 частини вапна і 6 частин піску, записується так: 1 : 0,7 : 6;

Приготування розчинних сумішей. Розчини виготовляють 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 розчинозміщувачі з горизонтальними і вертикальними лопатевими валами (турбулентній). Місткість за готовим замісом змішувача з горизонтальними лоп остями - 30; 65; 80; 250; 900 л, турбулентного змішувача – 65; 500; 900 л. 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 °С. Перевезення будівельних розчинних сумішей здійснюють самоскидами (10 км), розчинобетнозмішувачами. Терміни зберігання розчинних сумішей залежать від виду в'язучого й обмежуються за зниженням зручноукладуваності. Цементні розчини необхідно використовувати протягом 2...4 годин після виготовлення.

9.2.4. Види будівельних розчинів

Розчини для кам'яного мурування та монтажу виготовляють з використанням:

- портландцементу та шлакопортландцементу (для монтажу стін із панелей та бетонних і цегляних блоків, для звичайного мурування);
- вапна, вапняно-шлакових та вапняно-пуцоланових в'язучих (для малоповерхового будівництва);

- пуццоланових та сульфатостійких портландцементів (для конструкцій, які експлуатуються в умовах впливу агресивних середовищ).

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

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

Зовнішнє тинькування 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.

Внутрішнє тинькування виконується з розчинів на основі вапна і обумовлює мікроклімат у приміщенні.

Декоративне кам'яне тинькування 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 М 400 і вище);
- *тампонажні* (готують залежно від умов експлуатації на сульфатостійких, пуццоланових цементах, а також з використанням шлакопортландцементу та звичайного портландцементу.
- *акустичні* (мусять мати середню щільність $600...1200 \text{ кг/м}^3$, яка забезпечується обмеженим вмістом в'язучого);
- *рентгенозахисні* (мусять мати середню щільність більше 2200 кг/м^3 , як заповнювачі використовують барит і порошок бариту).

9.3. Сухі будівельні суміші

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

Переваги сухих сумішей порівняно з традиційними розчинами і бетонами:

- мінімум 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 їхнього змішування;
- підвищення в 1,5 - 3 рази продуктивності праці будівельників;
- скорочення на 10 - 15 % транспортних витрат і підвищення якості робіт при одночасному зниженні трудомісткості і технологічних процесів.

9.3.1. Класифікація сухих будівельних сумішей і характеристика вихідних матеріалів

Сухі будівельні суміші класифікують за призначенням:

- для вирівнювання стін і стелі (штукатурні розчини, розчини для монтажу гіпсокартонних виробів);
- для влаштування підлоги (основи під покриття, несучі підлоги);
- для плиткових робіт (плиткові розчини, затирки для швів);
- для малярних робіт (шпатлівки, фарби);
- для мурування (розчини для мурування, укладання газобетонних блоків, пазогребневих перегородок);
- для виконання гідроізоляційних робіт (розчини для тинькувальної 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 нафталін-сульфоїкислоти і формальдегіду й комплексні добавки на їхній 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 глазур. Використовують також органічні речовини - фталоціанінові пігменти блакитного, зеленого і червоного кольорів.

9.3.2. Характеристика сухих будівельних сумішей різного призначення

Мурувальні розчини (розчини для кам'яного мурування) 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 тинькувальної гідроізоляції. Фарбова гідроізоляція – це багатошарове покриття, що складається на основі бітумно-полімерних мастик, а також на основі епоксидних поліуретанових та акрилових смол.

Тинькувальна гідроізоляція – це покриття товщиною 5...20 мм із полімерцементних композицій.

Клеї для облицювальних робіт – це еластичні, адгезивні та тиксотропні речовини, за допомогою яких приклеюють плитку до поверхонь будівель та споруд. Комплекс властивостей не дозволяє плитці сповзати з поверхні, компенсує навантаження між плиткою і поверхнею, яке виникає внаслідок дії усадочних, температурних та інших деформацій.

Затиральні суміші (фуги) – це декоративні кольорові склади, які використовують для зовнішніх і внутрішніх робіт при заповненні швів між плитками з метою надання закінченого декоративного вигляду облицюванню. Ці матеріали сприймають частину напружень, що виникають на всій поверхні покриття, захищають конструкції від механічного пошкодження та проникнення води, мають гарну 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 тинькування – поділяють на цементні й гіпсомісткі.

Склади на основі цементу призначені для оздоблення фасадів і містять цемент, вапно, наповнювач, полімерний компонент, уповільнювач тужавіння, водоутримувальний компонент.

Гіпсомісткі тинькування призначені для оздоблення внутрішніх поверхонь приміщень. Вони складаються з гіпсу, вапна, наповнювачів, уповільнювачів тужавіння, водоутримувального компонента. 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 15 мм;
- високоякісні швидкотужавіючі, застосовують на великих поверхнях, товщиною від 5 до 10 мм.

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. Запо-

внювачем 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 барвників.

Завдання для самостійної роботи

1. Як досягають необхідної зручноукладуваності й водоутримуючої здатності розчинної суміші.
2. У чому полягає сутність змішаних розчинів?
3. Області застосування будівельних розчинів.
4. Що називають сухою будівельною сумішшю?
5. Наведіть характеристики сухих будівельних сумішей різного призначення.

Лекція 10

ЗАЛІЗОБЕТОН

10.1. Загальні відомості

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

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

Одним з недоліків бетону як матеріалу є мала міцність на розтяг в порівнянні з його міцністю на стиск: $R_{роз} = (1/10 - 1/17) R_{ст}$. Для сприйняття розтягуючих зусиль в конструкціях з бетону (особливо працюючих на вигин) армують розтягнуту зону бетону сталевими арматурами. Сталь на розтягу і стиснення працює однаково, але при цьому її міцність на розтягу в 100 - 200 разів вища, ніж у бетону. Спільна робота бетону і сталі забезпечується достатньою міцністю зчеплення між ними.

Чинниками, що забезпечують достатню міцність зчеплення між бетоном і сталлю і перешкоджають ковзанню арматури в бетоні, що забезпечує спільну роботу бетону і сталі, є:

1. Виникнення сил тертя між бетоном і сталлю за рахунок:
 - а) деформації арматурного стержня під навантаженням;
 - б) клейкої здібності цементного розчину;
 - в) нерівностей поверхні сталевих стержнів, що збільшує тертя між арматурою і бетоном.
 - г) усадки бетону під час його твердіння, що приводить до обжимання сталевих стержнів бетоном, а також до збільшення тертя між арматурою і бетоном.
2. Зразкова рівність коефіцієнта лінійного і температурного розширення /КЛТР/ сталі і бетону в межах 0 - 100 °С, що створює умови сумісного однакового розширення і стиснення цих двох матеріалів в нормальних умовах експлуатації.
3. Надійна захищеність бетоном металу від корозії за рахунок високої міцності середовища і створення захисного шару бетону завтовшки 10 - 40 мм.

У 1926 - 1930 рр. у Франції інженер Л. Фрейссине запропонував і застосував переднапружений залізобетон.

Напруженими називаються такі залізобетонні вироби і конструкції, в яких у процесі виготовлення штучно створюються значні стискуючі напруги в бетоні шляхом попереднього пружного натягнення, а потім зняття розтягуючих зусиль з арматури після затвердіння бетону (рис. 10.1).

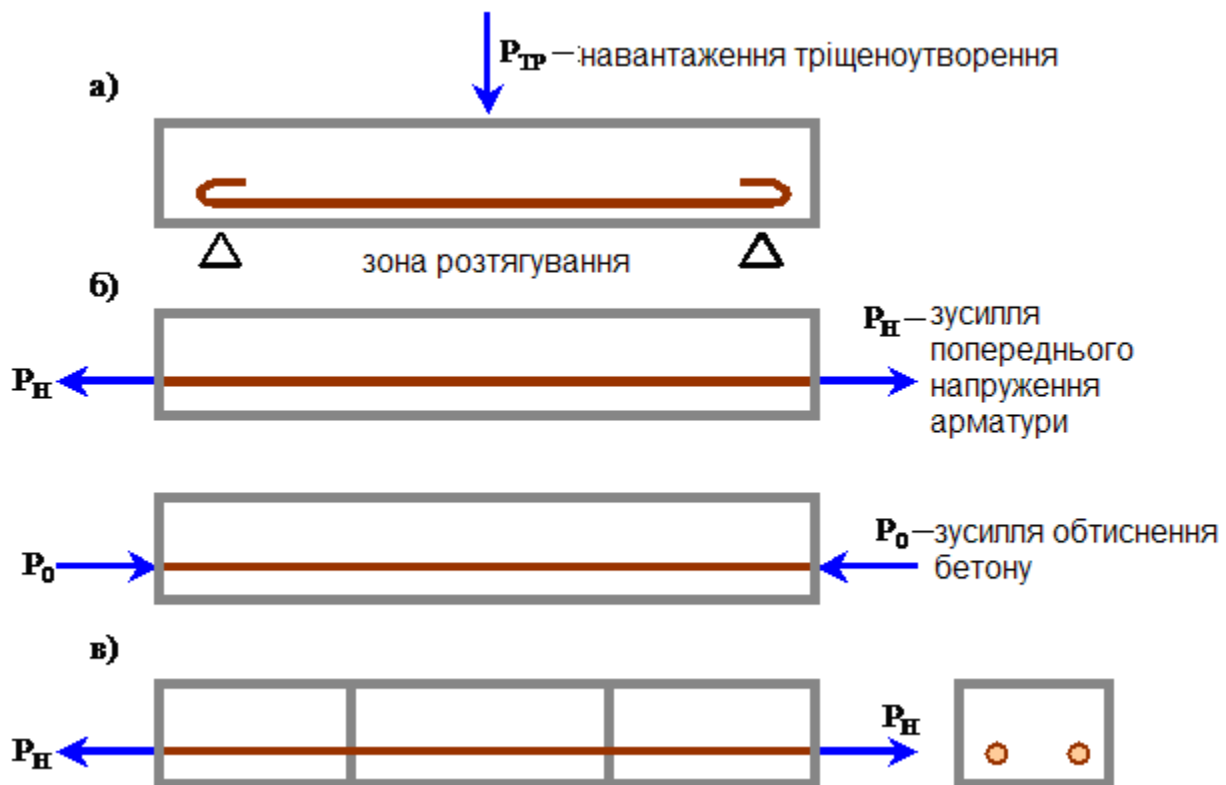


Рис. – 10.1 Схема армування залізобетону:
а) ненапруженого; б) переднапруженого;
в) переднапруженого зі складників.

Створення стискуючих напруг в бетоні за рахунок передачі зусиль від переднапруг арматури в межах її пружних деформацій дає можливість підвищити експлуатаційні навантаження за відсутності тріщин в розтягнутій зоні залізобетонної конструкції, оскільки необхідно спочатку подолати стискаючі зусилля від переднапруги в цій зоні.

Повзучість і усадка бетону знижує ефект попередньої напруги.

В даний час 25 % вартості матеріалів і конструкцій в загальному об'ємі будівельно-монтажних робіт припадає на залізобетон.

Основними чинниками, що забезпечують швидке зростання випуску збірних залізобетонних конструкцій, є:

1. Перенесення трудомістких процесів виготовлення на завод, різке підвищення індустріалізації будівництва.
2. Універсальність властивостей ж/б виробів – високоміцні, водонепроникні, жаростійкі, з низькою теплопровідністю.
3. Довговічність.
4. Значне скорочення витрати стали у ряді конструкцій в лінійних – в 2 - 3 рази, в трубах, бункерах – в 10 разів.

Недоліки залізобетону – велика вага виробів і тривалий процес твердіння.

Соціальним аспектом розвитку збірних залізобетонних конструкцій є створення індустрії великопанельного і великоблочного будівництва, що забезпечує підвищення продуктивності праці на будівельному майданчику, скоро-

чення термінів будівництва і підвищення ефективності капітальних вкладень в цілому.

10.2. Матеріали для залізобетону

Для виготовлення залізобетонних виробів застосовують:

1. Бетон всіх видів.
2. Метал у вигляді холоднотягнутого дроту, гарячекатаних прутків; канати – пасма; прокат, сітки, каркаси плоскі і об'ємні.

Класифікація арматури:

- по поверхні - гладкий профіль, періодичний профіль;
- за способом застосування - напружувана арматура, ненапружувана, жорстка арматура - як металоконструкція, розрахована на навантаження від власної ваги, опалубки і свіжоукладеної бетонної суміші.

Розрізняють робочу і монтажну арматуру.

Застосовується метал киплячої, спокійної і напівспокійної плавки залежно від умов роботи виробу.

Арматурна сталь підрозділяється на класи: А-I, А-II, А-III, А-IV, А-V, А-VI, Ат -IV, Ат -V, Ат -VI, В-I, Вр-I, В-II, Вр-II, К-7.

10.3. Класифікація залізобетонних виробів

1. По вигляду армування:
 - переднапружені;
 - із звичним армуванням.
2. По виду бетонів і вживаного в'язучого:
 - цементні бетони - важкі, легкі;
 - силікатні бетони автоклавного твердіння - важкі і легкі, на вапні і змішаних в'язучих;
 - комірні бетони;
 - спеціальні бетони.
3. По внутрішній будові:
 - суцільні;
 - порожнисті;
 - одношарові, двошарові, багатошарові з різних матеріалів.
4. За призначенням:
 - для житлово-цивільного будівництва;
 - для промислового будівництва;
 - для сільськогосподарського будівництва;
 - вироби загального призначення (труби, резервуари);
 - для транспортного будівництва.
5. Залізобетонні вироби одного виду розрізняють по типорозмірам (стінові, кутові, підвіконні) і марках.
6. В залежності від модуля поверхні ($M_{\text{пов}}$) всі вироби діляться на:
 - масивні; $M_{\text{пов}} < 8$;
 - тонкостінні, $M_{\text{пов}} > 8$.

$$M_{нов.} = \frac{S (поверхня \cdot виробу)}{V (об'єм \cdot виробу)}$$

Вироби повинні мати задану (нормативну) заводську готовність.

У загальному об'ємі збірних конструкцій частка окремих конструкцій приблизно складає:

- фундаменти - 9,4 %;
- каркаси будівель - 10,2 %;
- плити перекриття - 27,6 %;
- стінові панелі - 25,8 %;
- елементи інженерних споруд – 7,2 %;
- інші конструкції - 19,8 %.

Вироби для житлово-цивільного будівництва

1. Фундаменти і підземна частина.
2. Конструкції каркасів, ферми, колони.
3. Стінові панелі і блоки:
 - зовнішні для неопалювальних будівель з важких і легких бетонів;
 - для опалювальних будівель - шаруваті панелі з легких бетонів;
 - панелі перегородок, внутрішніх стін, блоки - зі всіх видів бетонів.
4. Перекриття і покриття: суцільні; ребристі; порожнисті; суміщені.
5. Добірні елементи: марші, майданчики, перемички, піддони, козирки.
6. Об'ємні елементи: блок-кімнати; сантехкабіни; ліфтові шахти.
7. Сантехнічні вироби: опалювальні панелі; сантехблоки; вентблоки; сміттєпроводи.
8. Архітектурні деталі і огорожі.

Вироби для промислового будівництва

- фундаменти;
- стінові панелі;
- покриття - оболонки, армоцементні, ребристі плити;
- каркас (одно- і двохконсольні, прямокутні, таврові колони; ферми, арки, підкранові балки).

Вироби для транспортного будівництва

Основні вимоги - густина, морозостійкість, міцність

- мостові будови - пролітні будови, опори;
- плити аеродромні і дорожні, бордюрний камінь;
- шпали, опори контактної мережі, тюрінги.

Вироби для сільськогосподарського будівництва

Висуваються вимоги по захисту від дії органічних кислот:

- для силосних ям і башт; тваринницьких приміщень;
- труби, забори, стійки світильників.

10.4. Виробництво залізобетонних конструкцій

Монолітні залізобетонні конструкції зводять безпосередньо на будівельних майданчиках. Особливістю технології виготовлення монолітного залізобетону є те, що основні технологічні операції (монтаж опалубки, укладання арма-

тури і бетонної суміші в опалубку, ущільнення, твердіння) здійснюються на місці проведення будівельних робіт. 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. Загальна організація виробництва залізобетонних виробів здійснюється по наступних основних технологічних переділах:

I. Приготування бетону з прийомом, складуванням, приготуванням хімдобавок, транспортуванням матеріалів на бетонний завод, при необхідності - сортування і миття щебеню.

II. Виготовлення арматурних каркасів з прийомом, складуванням, заготівкою арматури, заставних деталей, транспортуванням їх у формувальний цех, армування переднапружених конструкцій на стендах.

III. Формування виробів, комплектація і обробка виробів, транспортування і складування готових виробів.

IV. Комплектація готових виробів на транспорт і комплектна поставка на будівництво.

V. Енергетичне і ремонтне забезпечення виробництва

Найбільш трудомістким і дорогим технологічним переділом є формування виробів з комплектацією і складськими транспортними операціями по їх відправці. Тому провідними цехами на ЗБК є формувальні цехи - тут створюється кінцева продукція заводу.

Розглянемо основні особливості технологічних переділів при виробництві збірних залізобетонних виробів.

Приготування бетону було розглянуте раніше і тому тут не розглядається.

Армування з/б виробів виробляється звичайною і переднапруженою арматурою. При армуванні звичайною арматурою заготівка арматурних стержнів і збірка каркасів виробляється в арматурному цеху з виконанням наступних технологічних операцій: очищення від іржі, правка, стиківка, різання, гнуття арматури, заготівка плоских каркасів на верстатах, укрупнена збірка просторових каркасів. Всі технологічні операції добре піддаються механізації і автоматизації.

Переднапружене армування виробів класифікують:

а) за класом арматури:

- пруткова арматура, пасма;
- високоміцний дріт;

б) за методом натягнення:

- механічне;
- електротермічне;
- безперервне (електромеханічне і механічне);

в) за передачею зусилля:

- на форми;
- на упори;
- на затверділий бетон.

Залежно від виду арматури, прийнятого методу її натягнення і передачі зусилля організовується технологія заготівки арматури і армування з/б виробу.

Необхідно передбачити заходи по захисту арматури від корозії в бетоні. 25 % залізобетонних виробів експлуатується в агресивному середовищі – (30 млн.м³). З них 7 - 7,5 млн м³ повинні забезпечити довговічність конструкцій за рахунок власної стійкості. В світі 10 % металу втрачається від корозії.

Причини корозії арматури в бетоні:

- недоліки проектування;
- дефекти виготовлення залізобетонних виробів;
- неправильна експлуатація залізобетонних конструкцій.

Захист металу від корозії повинен бути оптимальним. Щільний цементний бетон зберігає арматуру. Це пов'язано із структурою і з складом рідкої фази. Висока лужність середовища пасивує сталь (припинення розчинення). Метал не посилає в електроліт іонів. По електрохімічній теорії при сильно лужному середовищі, $pH > 11,8$ - утворюється фазова або адсорбційна плівка, що захищає арматуру.

Чинники, що викликають корозію металу в бетоні:

- фізичні процеси;
- хімічні процеси;
- фізико-хімічні процеси.

Об'єм продуктів корозії металу в 2 - 2,5 рази більше об'єму початкового металу. Це збільшення об'єму викликає розтягуючі напруги в бетоні, викликає відколи, тріщини, що відкриває доступ агресивного середовища до арматури.

Агресивні середовища розрізняють по характеру провідного деструктивного процесу:

1. Фізичне (або механічне) поступове руйнування бетону з подальшою корозією арматури;
2. Корозія бетону - процеси, що позбавляють бетон здатності захищати арматуру, що приводить до руйнування бетону від тиску продуктів корозії арматури:
 - а) в результаті зниження лужності середовища;
 - б) в результаті дії легко-вологого середовища - карбонатація.

Механізм корозії арматурної сталі в бетоні.

Стійкий стан заліза - окислений. Ми розглянемо механізм електрохімічної корозії, оскільки рідка фаза, як правило, при агресії є електролітом.

Анодний процес – приводить до утворення подвійного шару – з гідратованих катіонів у поверхні металу і надмірних електронів в металі. Анодне розчинення металу – це порушення рівноважного стану подвійного шару, коли надмірні електрони під дією постійного струму відводяться або поглинаються якою-небудь речовиною в електроліті. Розрізняють анодні і катодні ділянки корозії.

Анодна ділянка - $Fe > Fe^{2+} + 2e$. Катодна ділянка - $e + D > [De]$. У нейтральному середовищі: $1/2O_2 + H_2O + 2e > 2(OH)^-$ і потім утворюється $Fe(OH)_2$ – важкорозчинний продукт корозії. Карбонатація - $CO_2 + Ca(OH)_2 + H_2O > CaCO_3 + H_2O$. Насичений розчин - $CaCO_3$ має $pH \sim 9$. Міцність бетону не

знижується, але бетон позбавляється здатності пасивувати сталь, яка переходить в активний стан.

Капілярно-порувата структура бетону містить воду і пропускає кисень - починається корозія металу.

Комірні автоклавні цементно-вапняні бетони і гіпсобетони мають $pH < 11,8$ і не пасивують арматуру. У цих випадках застосовують:

- спеціальні захисні покриття арматури - обмазки на основі: полістиролу, цементу і бітуму, цементно-казеїнові, цементно-латексні обмазки;
- хімдобавки на основі нітриту, для підвищення лужності середовища (нітрит натрію).

Заставні деталі цинкуються, обробляються обмазками.

Основними заходами по захисту арматури від корозії є:

1. Забезпечення щільності бетону.
2. Суворе дотримання захисного шару бетону.
3. Обмеження розкриття тріщин.
4. Покриття бетону захисними плівками, облицювання стійкими матеріалами.
5. Покриття арматури цинком або алюмінієм.

10.5. Формування залізобетонних виробів

Задача формування - отримання виробів заданої форми, розмірів, структури, міцності і заводської готовності.

Технологія формування включає 3 групи технологічних операцій:

- I. Підготовка форм і оснащення, укладання і фіксація арматури.
- II. Укладання, ущільнення, ТВО бетону і обробка його відкритих поверхонь.
- III. Комплектація виробу супутніми елементами і його обробка для підвищення заводської готовності конструкції.

Провідними технологічними операціями є укладання і ущільнення бетону, а також його тепловологісна обробка (ТВО).

По організації процесу формування ж/б конструкцій розрізняють стендовий і потоковий способи виробництва:

1. **Стеновий спосіб виробництва** характеризується тим, що всі технологічні операції виконуються на одному технологічному посту. 37 - 40 % всіх виробів формується цим способом.

2. **Потоковий спосіб виробництва** характеризується тим, що на одному технологічному посту виконується декілька технологічних операцій. Розрізняють:

а) *агрегатно-потоківий спосіб*, коли форма переміщається від поста до поста за допомогою крана і на одному посту виконується декілька технологічних операцій. Пропарювання виробів здійснюється в ямних камерах. 40 – 45 % всіх виробів формується цим способом

б) *конвеєрний спосіб*, коли форма переміщається від поста до поста по рейковому шляху або іншим способом без її підйому краном і на одному техно-

логічному посту виконується одна або декілька технологічних операцій. Пропарювання виробів здійснюється в камерах безперервної дії. 10 – 15 % всіх виробів формується цим способом. У свою чергу конвеєри бувають пульсуючі і безперервної дії.

Останніми роками до цих двох основних способів виробництва залізобетонних виробів - стендовому і потоковому - розробляється так звана гнучка технологія виробництва - ГТВ. ГТВ передбачає наявність певної номенклатури переналагоджуваних форм для виготовлення різних виробів в одних і тих же формах.

Завдання для самостійної роботи

1. Визначити основні переваги і недоліки залізобетону.
2. Яка арматура залежно від класу застосовується в залізобетонних конструкціях?
3. Основні види залізобетону.

Лекція 11

ШТУЧНІ КАМЕНІ НА ОСНОВІ В'ЯЖУЧИХ МАТЕРІАЛІВ

11.1. Матеріали й вироби на основі портландцементу

Вироби бетонні стінові дрібноштучні 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 $1400 \dots 1650 \text{ кг/м}^3$);
- 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 виготовляють із важкого й дрібнозернистого бетону, застосовують для влаштування збірних покриттів тротуарів, пішохідних зон, садово-паркових доріжок. Плити мають різну форму: прямокутну, квадратну, фігурну. Основними показниками якості бетонних тротуарних плит є стирання (не більше $0,6 \text{ г/см}^2$), водопоглинання (не вище 5%) та морозостійкість (F 100; F 150; F 200).

Фігурні елементи брукування (ФЕБ) для дорожніх покриттів мають різноманітні 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 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 мають перевагу над останнім. Під час експлуатації така плитка захищає споруди від дії атмосфери, вогню, грибкових утворень.

Черепиця бетонна 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 сурику.

Бетонну черепицю використовують для покрівель житлових, громадських та виробничих будівель з кутом нахилу від 15° до 90° . Довговічність даху з бетонної черепиці становить близько 100 років. Недоліком бетонної черепиці є відносно велика маса: 1 м^2 покриття важить $40 \dots 50 \text{ кг}$.

11.2. Азбестоцементні вироби й конструкції

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

До основних показників якості азбестоцементних виробів відносяться: висока міцність, вогнестійкість, довговічність, мала водопроникність, теплопровідність і електропровідність.

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

Сировинними матеріалами для виготовлення азбестоцементних виробів є:

- *Портландцемент*, який в азбестоцементній композиції виконує функції в'язучого. Застосовують портландцемент марок 400 і 500, а також піщанистий портландцемент (якщо твердіння виробу здійснюється в автоклаві), білий і кольоровий цемент (якщо виріб має декоративне призначення).

До мінералогічного складу цементу, з метою підвищення морозостійкості виробів, висуваються 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 см²/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 розтягу – 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) – 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 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.

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.

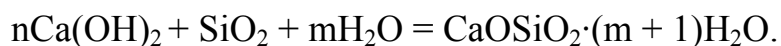
Екструзійні панелі застосовують для пристрою безгорищних покриттів промислових будинків під рулонну покрівлю. Панелі мають ширину 595 мм, довжину 3000 мм для покриттів, 3000 і 6000 мм для стін і перегородок, висоту – 120 мм для покриттів і стін, 60 та 80 мм для перегородок.

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.

11.3. Матеріали й виробы на основі вапняних в'язучих речовин

Силікатна цегла. 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 повного 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...200 °С. 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 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.

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 армокам'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 500 °С) силікатна цегла руйнується внаслідок дегідратації гідросилікатів кальцію, тому вона не придатна для мурування печей.

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

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

Каміння стінові виготовляють на основі гіпсових чи змішаних в'язучих речовин. За габаритними розмірами стінові каміння 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») - 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 поділяють 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...4000 мм, ширина - 600 та 1200 мм, товщина - 6,5...24 мм.

Завдання для самостійної роботи

1. Які азбестоцементні вироби та конструкції вам відомі?
2. Назвіть матеріали й вироби на основі вапняних в'язучих.
3. Які матеріали й вироби на основі гіпсових в'язучих вам відомі?

Лекція 12

ОРГАНІЧНІ В'ЯЖУЧІ МАТЕРІАЛИ

12.1. Особливості утворення в'язучих речовин органічного походження та їхня класифікація

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

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

Сировиною для виробництва органічних в'язучих речовин є продукти органічного походження, в тому числі: нафта, кам'яне вугілля, горючі сланці, торф. Ця сировина підлягає хімічній переробці, в результаті чого, крім таких цінних продуктів, як бітум, дьоготь, одержують також смолоподібні залишки, з яких шляхом додаткової переробки отримують цілий ряд речовин, що за своїми властивостями можуть бути класифіковані як органічні в'язучі матеріали.

Залежно від властивостей, хімічного складу, виду сировини та технологічного процесу органічні в'язучі речовини поділяють на:

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

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

бітумнополімерні, які складаються з нафтових бітумів та полімерів;

гумобітумні, одержані спільною переробкою нафтових бітумів та старої гуми;

гумодьогтеві, одержані спільною переробкою старої гуми та дьогтьопродуктів.

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

12.2. Бітумні в'язучі речовини

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

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

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

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

Властивості бітумів визначаються їхньою природою, складом та технологією отримання. Для бітумів, на відміну від мінеральних в'язких речовин, характерні гідрофобність, атмосферостійкість, підвищена деформативність, здатність розм'якшуватися при нагріванні. Густина бітумів коливається в межах від 800 до 1300 кг/м³.

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

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

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

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

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

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

12.3. Дьогтьові в'язучі речовини

Дьогті – це в'язкі рідини чорного чи бурого кольору, які складаються з вуглеводнів та їх сірчаних, азотних і кисневих похідних, одержаних конденсацією пароподібних продуктів, що утворюються при розкладанні органічних матеріалів в умовах високої температури без доступу повітря.

За вихідною сировиною дьогті поділяють на кам'яновугільні, торф'яні, деревні та сланцеві, залежно від методу переробки сировини – на коксові та газові, а з урахуванням технології отримання – на сирі, відігнані та складні.

У дьогтях міститься велика кількість ненасичених вуглеводнів ароматичного ряду, які піддаються окислювальній полімеризації при контакті з киснем та водою, впливу ультрафіолетових променів. Атмосферостійкість дьогтьових матеріалів нижча порівняно з бітумними. Нестійкість дьогтів до процесів старіння пов'язана з випаруванням легких складових з дьогтю навіть при слабкому нагріванні на сонці, а також з тим, що сполуки, які містяться в ньому, є ненасиченими і тому легко вступають в хімічну взаємодію з речовинами зовнішнього середовища, змінюючи свій склад і структуру, що призводить до появи тріщин, крихкості та втрати водовідштовхувальних властивостей.

Однак дьогті (порівняно з бітумами) внаслідок великого вмісту речовин з полярними групами, відзначаються підвищеною адгезією до інших матеріалів. Вони мають вищу біостійкість, що пояснюється токсичністю фенолу, який міститься в їх складі. Дьогті використовують у тих самих галузях будівництва що й бітуми, але їхнє застосування більш доцільне там, де є загроза виникнення біокорозії.

12.4. Асфальто- та дьогтебетони

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

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

Теплу суміш виготовляють, використовуючи в'язкі та рідкі бітуми, температура укладення яких не нижче 70 °С. Процеси структуроутворення в асфальтобетоні (залежно від виду бітуму та погодних умов) можуть тривати від 2...3 годин до декількох тижнів.

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

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

12.5. Характеристика матеріалів на основі бітумних та дьогтьових в'язучих речовин

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Завдання для самостійної роботи

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

Лекція 13

ЛАКОФАРБОВІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

13.1. Особливості композиційної побудови лакофарбових матеріалів і покриттів

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

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

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

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

- експлуатаційні (світлостійкість, кольоростійкість, стійкість до механічних дій, хімічна, біологічна стійкість, атмосферостійкість);
- декоративні (фактура, структура покриття, колір, глянцеуватість, тобто здатність відбивати світло);
- технологічні (покривна здатність, або витрата матеріалу на 1 м² поверхні, швидкість висихання та екологічність, в тому числі безпечність для здоров'я людини і навколишнього середовища під час виробництва матеріалів та їх застосування);
- спеціальні (термостійкість, електроізоляційність, стійкість до рентгенівського випромінювання, стійкість до дії хімікатів, бактерицидність).

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

13.2. Класифікація лакофарбових матеріалів

Лакофарбові матеріали за складом (типом плівкоутворюючих речовин) поділяють на: полімерні, олійні (масляні), цементні, силікатні, клейові тощо.

За призначенням лакофарбові матеріали поділяють на спеціальні та матеріали для зовнішнього і внутрішнього застосування.

Класифікація лакофарбових покриттів за додатковими ознаками передбачає поділ:

- за видом використаного розчинника або розріджувача (наприклад, води або легких органічних речовин);
- за прозорістю утворених плівок – на прозорі (лаки, оліфи) та непрозорі (фарби, емалі, ґрунтовки);
- за наявністю пігментів – пігментовані, не пігментовані;
- за ступенем блиску – глянсові, напівглянсові, напівматові, глибоко матові;
- за умовами сушіння – холодні та гарячі;
- за послідовністю нанесення шарів і типом покриття – просочувальні, ґрунтувальні, проміжні, покривні;
- за консистенцією – рідкі, в'язкі, пастоподібні.

Маркування фарбових матеріалів виконується з позначенням виду, природи плівкоутворюючого компонента та їхнього призначення. З цією метою для маркування використовується система позначень з літер і цифр, яка складається з п'яти груп знаків для пігментованих матеріалів (емалюй, фарб, ґрунтовок, шпаклівок) та чотирьох груп знаків – для непігментованих (лаків).

Перша група знаків визначає вид лакофарбового покриття (подається у вигляді слова – лак, фарба, емаль, ґрунтовка, шпаклівка).

Друга група знаків визначає вид матеріалу за хімічним складом (подається у вигляді абрєвіатури):

- на основі поліконденсаційних полімерів: УР – поліуретанові, АУ – алкідноуретанові, КО – кремнійорганічні, ГФ – гліфталеві, ПФ – пентафталеві, МО – меламінові, МЧ – сечовинні (карбамідні), ФЛ – фенольні, ЕП – епоксидні;
- на основі полімеризаційних полімерів: АК – поліакрилатні, ВА – полівінілацетатні, ВС – на основі сополімерів вінілацетату, КЧ – каучукові, НП – нафтополімерні, ФП – фторопластові, ХВ – перхлорвінілові, ХС – на основі сополімерів вінілхлориду;
- на основі органічних в'язучих речовин: БТ – бітумні, КФ – каніфольні, МА – масляні, ШЛ – шеллачні та ін.;
- на основі ефірів целюлози: АЦ – ацетилцелюлозні, НЦ – нітроцелюлозні, ЕЦ – етилцелюлозні та ін.

Для деяких матеріалів між 1 та 2 групами вводять додаткові позначення з літерами: Б – без легкого розчинника, В – водорозбавлювальні, ВД – вододисперсійні, ОД – органодисперсійні, П – порошкові.

Третя група вказує на переважаючі умови експлуатації та призначення лакофарбового матеріалу (позначається цифрами от 1 до 9) (табл. 13.1).

Таблиця 13.1 - Класифікація лакофарбових матеріалів за умовами експлуатації

<i>Групи лакофарбових матеріалів</i>	<i>Позначення груп</i>	<i>Умови експлуатації покриття</i>
Атмосферостійкі (для зовнішніх робіт)	1	Експлуатуються на відкритих майданчиках
Обмежено атмосферостійкі (для внутрішніх робіт)	2	Експлуатуються під навісом та в середині неопалювальних приміщень
Захисні, консерваційні	3	Для тимчасового захисту виробів під час виробництва, транспортування та зберігання
Водостійкі	4	Стійкі до прісної та морської води
Спеціальні	5	Стійкі до дії рентгенівських та інших випромінювань, для просочування тканин, фарбування шкіри, гуми, пластмас, світні та ін.
Маслобензостійкі	6	Стійкі до дії мінеральних масел та консистентних мастил, бензину, гасу та інших нафтопродуктів
Хімічно стійкі	7	Стійкі до дій кислот, лугів та інших хімічних реагентів або їхніх парів.
Термостійкі	8	Стійкі до дії високої температури
Електроізоляційні та електропровідні	9	Стійкі до впливу електричного струму, поверхневих електричних розрядів

Четверта група знаків – це реєстраційний номер фарби. Для масляних (олійних) фарб замість порядкового номера ставлять цифру, яка відповідає виду оліфи, що є основою для цієї фарби: 1 – натуральна оліфа, 2 – оліфа оксоль, 3 – гліфталева, 4 – комбінована.

П'ята група відповідає кольору лакофарбового матеріалу – емалі, фарби, ґрунтовки, шпаклівки. Позначається повним словом, наприклад, сіро-біла, блакитна та ін.

В деяких випадках для уточнення специфічних властивостей лакофарбового покриття після порядкового номера ставлять літерний індекс, наприклад, В – високов'язкий, М – матовий, Н – з заповнювачем, ПМ – напівматовий, ПГ – низької горючості.

Приклади позначення: Емаль ХВ-16 сіро-біла – перхлорвінілова емаль (ХВ) для атмосферостійких покриттів (1), реєстраційний номер (6), колір – сіро-білий.

13.3. Характеристика основних компонентів лакофарбових матеріалів

Основними компонентами для приготування лакофарбових матеріалів є плівкотвірні (зв'язуючі) речовини, пігменти та наповнювачі (для надання визначених властивостей), розчинники, розріджувачі та цільові добавки. Змінити властивості покриттів можна шляхом хімічної модифікації або застосування іншого плівкоутворювача, що призводить до зміни інших компонентів у композиції. Більш простим і ефективним є регулювання властивостей лакофарбових матеріалів за рахунок використання різних добавок, які додають у невеликій кі-

лькості (від 0,02 до 3...5 % залежно від призначення). Їх часто називають адитивами.

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

Плівкотвірні (зв'язуючі) речовини призначені для забезпечення зчеплення між собою частинок пігменту, наповнювача і створення захисно-декоративної плівки з високими адгезійними властивостями до поверхні будівельного матеріалу. Від якості речовини, що зв'язує залежать технологічні та експлуатаційні властивості, а головне – довговічність лакофарбового покриття.

До природних плівкоутворювачів можна віднести природні олії, які піддаються спеціальній обробці (оліфи), смоли природного походження (каніфоль, бурштин), бітуми і асфальти, речовини тваринного походження (казеїн, міздрю), спеціально оброблену целюлозу.

До штучних плівкоутворювачів відносять полімери, неорганічні в'язучі речовини.

Пігментами називають тонкодисперсні порошки, нерозчинні у зв'язуючій речовині й розчиннику, які здатні брати участь в утворенні непрозорого покриття, надавати йому не тільки різних кольорів і відтінків, але й підвищувати міцність та довговічність.

Пігменти за походженням поділяють на неорганічні (мінеральні) і органічні, за способом отримання – природні й штучні. Неорганічні пігменти отримані хімічною обробкою руд, металів і мінералів (синтетичні) і «земляні» пігменти (природні) – сурик залізний, вохра. Штучні мінеральні пігменти отримують термічною або хімічною обробкою мінеральної сировини. Органічні пігменти (барвники) мають високу барвну та покривну здатність, відрізняються яскравим кольором, характеризуються світло- та атмосферостійкістю, але недостатньою лугостійкістю.

За хімічним складом пігменти поділяють на такі класи сполук:

- елементи – технічний карбон, металеві пігменти (цинковий пил, алюмінієва пудра);
- оксиди – діоксид титану, цинкові білила, залізо оксидні пігменти, сурик свинцевий та ін.;
- солі – карбонати (свинцеві білила), хромати (свинцеві та цинкові крона); сульфід (ліпотон, кадмієві пігменти), фосфати (фосфати кобальту, хрому), комплексні солі (залізна лазур), алюмосилікати (ультрамарин) та ін.

Властивості пігментів оцінюють барвною здатністю, покривною здатністю, масломісткістю, хімічною стійкістю, атмосферостійкістю, антикорозійною стійкістю та ін.

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

Покривність – це доза пігменту, яка необхідна для повного зафарбування нанесеної раніше на поверхню шару контрастної фарби.

Масломісткість – це здатність пігменту утримувати визначену кількість масла. Властивість ця визначається кількістю масла, яке необхідно додавати до пігменту для одержання фарбової пасти.

Наповнювачі – це тверді дисперсні неорганічні природні або штучні речовини, які не розчиняються в розчинниках і плівкоутворювачах. Вони застосовуються для поліпшення малярно-технічних властивостей лакофарбових матеріалів та підвищення експлуатаційних властивостей покриттів, а також для економії пігментів.

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

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

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

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

Завдання для самостійної роботи

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

Лекція 14

ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ

14.1. Загальні відомості

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

Початок широкому використанню полімерів поклав винахід целулоїду, створеного в 1845 р. на основі целюлози братами 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. 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.

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.

14.2. Класифікація полімерних речовин та матеріалів на їхній основі

Головними критеріями класифікації полімерних речовин є хімічна природа, походження, спосіб синтезу та тверднення, склад основного ланцюга макромолекул та характер їхньої будови, здатність до пластичних деформацій при циклічній дії температурного фактора.

За хімічною природою полімерні речовини поділяють на органічні та неорганічні. В неорганічних високомолекулярних сполуках (полімерах) атоми Карбону відсутні, а в органічних – макромолекули складаються переважно з атомів Карбону.

За походженням розрізняють природні та штучні полімерні матеріали. До природних полімерів відносять деревину, бавовну, вовну, шкіру, каучук тощо. Штучні полімерні матеріали отримують шляхом синтезу з простих низькомолекулярних речовин, відомих як мономер.

За способом синтезу та тверднення органічні полімерні речовини поділяються на полімеризаційні та поліконденсаційні.

Полімеризація – це процес об'єднання молекул низькомолекулярної речовини (мономеру) без виділення будь-яких побічних продуктів.

Поліконденсація – це процес одержання високомолекулярних сполук (поліконденсатів) з одночасним відщепленням низькомолекулярних продуктів реакції (води, хлороводню тощо).

За здатністю до пластичних деформацій при циклічній дії температурного фактора органічні полімери поділяють на термопластичні та термореактивні.

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

Термореактивні полімери (фенол формальдегідні, карбамідні) проходять стадію пластичного деформування при підвищеній температурі, але при цьому після охолодження в їхній структурі відбуваються незворотні зміни, які призводять до неможливості переходу їх у пластичний стан при повторному нагріванні, тобто вони не можуть змінювати свої властивості у зворотному напрямку і непридатні до повторного формування.

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

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

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

14.3. Основні властивості полімерних матеріалів (пластмас)

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

Середня густина пластмас становить $900 \dots 2200 \text{ кг/м}^3$ і залежить від виду використаних наповнювачів. СВМ (скловолокнистий анізотропний матеріал) має коефіцієнт конструктивної якості, який дорівнює 225 МПа (для порівняння вироби з важкого бетону мають коефіцієнт конструктивної якості – 21). Межа міцності при стиску склопластиків досягає майже 350 МПа, а межа міцності при розтягу та згині – 450 і 550 МПа.

Властивості пластмас щодо дії води залежать від їхньої структури й ступеня гідрофільності. Водопоглинання щільних гідрофобних полімерних матеріалів становить 0,1...0,5 %, а високопористих – 30...90 % за об'ємом. Завдяки

високій непроникності полімерні плівкові та рулонні матеріали, а також мастики, особливо на основі поліетилену, полівінілхлориду, синтетичних канчуків, широко застосовують для гідроізоляції.

Пластмаси – погані тепло- й електропровідники, тому їх застосовують як теплоізоляційні матеріали та діелектрики.

Хімічна стійкість – важлива властивість пластмас, що залежить не лише від полімеру, а й від наповнювача, пластифікатора та інших компонентів. Найчастіше пластмаси використовують для захисту від корозії будівельних конструкцій у воді, розчинах солей, кислот та інших агресивних середовищах. Висока хімічна стійкість, непроникність для води зумовлюють широке застосування їх для захисних покриттів, гідроізоляції будівель та споруд, влаштування покрівель, трубопроводів.

Цінною властивістю пластмас є низька стиранність, яку необхідно враховувати при застосуванні пластмас для влаштування підлог. Важливою характеристикою деяких пластмас є високий опір удару (ударна в'язкість).

Висока прозорість, безбарвність, здатність пропускати ультрафіолетові промені – цінні властивості деяких пластмас. Це дає змогу застосовувати їх у світло прозорих огорожувальних конструкціях будівель та споруд, наприклад, у куполах верхнього світла, огороженнях теплиць, оранжерей, лікувальних закладів.

Пластмаси мають високі декоративні властивості, що дає змогу використовувати їх для опорядження стін та покриття підлог. Пластмаси не потребують періодичного фарбування поверхні. Введенням до складу вихідної композиції барвників чи пігменту можна одержати матеріал будь-якого забарвлення чи відтінків, у тому числі багатоколірні імітації природного каменю, цінних порід дерев, шкіри, тканини, металу.

Поряд з комплексом позитивних властивостей пластмаси мають і ряд негативних. Для більшості пластмас характерна низька теплостійкість, яка не перевищує 60...80 °С, і лише деякі види пластмас мають теплостійкість 200...350 °С. Багато пластмас є горючими матеріалами, виділяють отруйні гази при горінні, легко спалахують. При переробці пластмас та експлуатації їх в середині приміщень виділяються токсичні речовини.

Пластмаси відрізняються високими діелектричними властивостями. Вони здатні акумулювати статичну електрику на поверхні. Результатом електризації є протягування пилу поверхнею пластмас, а також утворення електростатичного заряду, що негативно впливає на людину.

Пластмаси схильні до старіння, тобто їхні властивості під впливом теплоти, світла, кисню повітря з часом погіршуються.

14.4. 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, дерев-

ного 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 твердіє 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(плінтуси, 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).

14.5. 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.

14.5.1. Конструкційні полімерні матеріали

Склопластики - листові композиційні матеріали, одержувані шляхом просочення скляних волокон або тканин (армуючих компонентів) полімером. Склопластикова арматура має високу міцність, є хімічно стійкою. 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 переваг 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. Монеомери полімеризуються в порах бетону, тим самим забезпечуючи високу щільність і корозійну стійкість конструкцій.

14.5.2. Опоряджувальні полімерні матеріали

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

Застосовують для личкувальних робіт торговельних і санітарно-технічних приміщень.

Оздоблювальні полістирольні плитки («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 стандар-

тними 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 рисунками. Застосовується як личкувальний матеріал.

14.5.3. 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 висуваються 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 - рулонні матеріали для покриття підлог, зручні завдяки пружності, низькій теплопровідності, гігієнічні, декоративні, заглушають шум кроків. Якість лінолеумів оцінюється за трьома показниками: пружністю, твердістю й стиранністю. По виду застосовуваної сировини лінолеуми поділяють 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 лінолеум. 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 каучуку, наповнювачів і добавок. У масовому житловому будівництві використовується обмежено, але добре себе зарекомендував для покриттів підлог тваринницьких, медичних установ. Випускається як одношаровим, так і багатошаровим на теплозвукоізоляційній основі.

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

Плитки для підлог виготовляють із полівінілхлориду, каучуку, 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.

14.5.4. Теплоізоляційні полімерні матеріали

Полімерні теплоізоляційні матеріали класифікують за структурою, формою, видом основної сировини, середньою щільністю, теплопровідністю та стискуваністю. 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, довговічні й технологічні. За зовнішнім виглядом й способом застосування газонаповнені пластмаси можуть бути у вигляді штучних виробів (переважно 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 D 15...D 50; теплопровідність — $0,03...0,04 \text{ Вт/(м} \cdot \text{С)}$; теплостійкість $80...90^\circ\text{С}$. 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 $35...70 \text{ кг/м}^3$, теплопровідність - $0,04...0,054 \text{ Вт/(м} \cdot \text{ДО)}$. Теплостійкість пінополівінілхлориду — $130...140^\circ \text{С}$; горючість значно нижча, ніж у пінополістиролу.

Заливальні пінопласти - рідкогрузлі олігомірні смоли, що заливають у пазухи, залишені в ізолюваній 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.

Завдання для самостійної роботи

1. Обґрунтувати можливість використання пластмас для улаштування трубопроводів.
2. Розглянути екотехнології вторинного використання пластмас.
3. Навести приклади і охарактеризувати різні види будівельних матеріалів із пластмас.
4. Склопластики. Яка роль компонентів у цьому матеріалі?
5. Які полімерні матеріали для підлог ви знаєте?

Лекція 15

ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ Й АКУСТИЧНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

15.1. Загальні відомості

Теплоізоляційними називають органічні і неорганічні, природні і штучні будівельні матеріали і вироби, які мають невелику теплопровідність ($\lambda \leq 0,17$ Вт/м °С) і середню густину $\rho_0 \leq 600$ кг/м³. Такі матеріали призначені для теплозахисту будівель і споруд, а також для ізоляції теплових і холодильних агрегатів і технологічних трубопроводів.

Основним показником, який визначає теплоізоляційні якості матеріалів, є теплопровідність, яка обумовлена поруватістю. Залежно від поруватості (її характеристики – замкнутість, відкритість, величина пор) змінюються і властивості теплоізоляційних матеріалів. До всієї групи цих матеріалів висуваються такі основні вимоги:

- достатня механічна міцність, яка забезпечує надійність матеріалу під час транспортування, монтажу і експлуатації;
- висока біостійкість;
- висока хімічна стійкість;
- повинен бути висушений і не володіти гігроскопічністю;
- температуростійкість.

Деякі теплоізоляційні матеріали використовують як акустичні.

Виробництво теплоізоляційних і акустичних матеріалів – це нова сфера, що з'явилася порівняно недавно. Індустріалізація і зниження матеріаломісткості будівництва зумовили бурхливе зростання випуску теплоізоляційних матеріалів і створення нових матеріалів і конструкцій (перш за все, захищаючих шаруватих конструкцій стін і покриттів); збільшення виробництва виробів з газобетону, спученого перліту, керамзиту і т. п.; широке застосування поруватих матеріалів на основі полімерів (пінопластів, пінополістірола і т. п.).

Особливо гостро стоїть питання теплоізоляції будівель, споруд, теплових агрегатів і трубопроводів у зв'язку з сучасними вимогами щодо економії паливно-енергетичних ресурсів і новими нормами на термічний опір захищаючих конструкцій.

У будівництві теплоізоляційні матеріали витрачаються на захищаючі конструкції (по СНД більше 210 млн м²), зокрема, 90 % з них використовують для утеплення горищних перекриттів і суміщених утеплених крівель.

Поки що основними теплоізоляційними матеріалами є мінеральна вата і вироби з неї (у СНД річне виробництво перевищує 12 тис. м³, що складає 60 % від всього річного випуску теплоізоляційних матеріалів), також скловолокнисті матеріали і вироби на основі пластмас (більш ніж 20 % від всього випуску).

15.2. Класифікація теплоізоляційних матеріалів

Класифікують теплоізоляційні матеріали за наступними ознаками:

- за виглядом сировини – органічні і неорганічні, комплексні (з'єднання

органічної і неорганічної сировини);

- за *структурою* – поруватоволокнисті, поруватозернисті, комірні;
- за *середньою густиною* – особливо легкі ($\rho_0 = 5 \dots 100 \text{ кг/м}^3$), легені ($\rho_0 = 125 \dots 350 \text{ кг/м}^3$), важкі ($\rho_0 = 400 \dots 600 \text{ кг/м}^3$);
- по *коефіцієнту теплопровідності* (його визначають при певній температурі: при ізолюванні поверхонь з температурою до 100°C – при 25°C , до 600°C – при 125°C , вище 600°C – при 300°C):

Клас Температура $^\circ\text{C}$	Теплопровідність, $\text{Вт/м}^\circ\text{C}$ для температури, $^\circ\text{C}$		
	≤ 25	≤ 125	≤ 300
А – малотеплопровідні	0,05	0,007	0,13
Б – середньотеплопровідні	0,10	0,12	0,16
В – підвищеної теплопровідності	0,15	0,18	0,23

- за *призначенням і області використання* – для ізолювання поверхонь:
 - холодних (стіни і крівлі будівель);
 - гарячих (теплове устаткування і трубопроводи);
- за *величиною стиску* (відносної деформації стиску під дією навантаження):
 - м'які (якщо їх стиск дорівнює або перевищує 30 %);
 - напівжорсткі (якщо їх стиск – від 6 до 30 %);
 - жорсткі (якщо їх стиск менше, ніж 6 %).

15.3. Неорганічні теплоізоляційні матеріали та вироби

Неорганічні теплоізоляційні матеріали і вироби виготовляють з мінеральної сировини – гірських порід, шлаків, скла і азбесту.

Мінеральну вату одержують з розплаву гірських порід (базальту, сланців) і вогненно-рідкісних металургійних шлаків. Виробництво складається з двох основних технологічних переділів: розплав сировинної суміші при температурі $1500 \dots 1600^\circ\text{C}$ і роздування розплаву на волокна під дією струменя пари або стисненого повітря.

Залежно від середньої густини мінеральну вату розділяють на три види (марки): 75, 100, 125 кг/м^3 .

Довжину волокон зумовлює спосіб виробництва і вона може складати від 2 до 60 мм. Вата повинна мати від 80 до 90 % волокон діаметром менше 7 мкм. Використовувати рихлу вату важко, тому з неї, як правило, виготовляють вироби у вигляді матів і плит. Вироби бувають прошивні і прошивні на металевій сітці, а також виготовлені на крохмальному в'язучому з паперовою обгорткою. Плити напівжорсткі виготовляють на синтетичній в'язучій речовині; на синтетичному або бітумному в'язучому виробляють жорсткі плити для ізолювання будівельних конструкцій, а для ізолювання трубопроводів – шкаралупи і напівциліндри.

На основі мінеральної вати виготовляють різні матеріали і вироби для теплоізоляції.

Скляну вату і вироби на її основі одержують з скломаси дуттєвим, філерним і штабіковим способами. Цей матеріал має підвищену хімічну стійкість, середню густину не вище 130 кг/м^3 , а діаметр волокна – не більше 21 мкм. Застосовується для ізолювання поверхонь з температурою від мінус 200 до плюс 450 °С. Скляну вату з супертонкого волокна (середньою густиною 25 кг/м^3) використовують для ізолювання при температурі від мінус 60 до плюс 45 °С: базальтове супертонке волокно (БСТВ) це високоякісний матеріал для теплової ізоляції, для фільтрів, а також для виробництва теплостійкого паперу, картону і листів. Середня густина – $17...25 \text{ кг/м}^3$.

Піноскло є високопоруватим матеріалом ніздрюватої будови, застосовується для теплоізоляції захищаючих конструкцій при температурі експлуатації, що не перевищує 180 °С.

Спучений перліт – це поруватий сипкий матеріал, який одержують, спучуючи природний перліт в печах, що обертаються, або шахтних, при температурі 900... 1200 °С. Вироби з нього виготовляють на основі різноманітних в'язучих: пластичної глини, рідкого скла, фосфатних в'язучих. Для ізолювання печей з температурою до 1150 °С використовують керамоперлітофосфатні вироби, для ізоляційних робіт при температурі до 900 °С – керамоперлітові (цеглина, плити, сегменти), для ізолювання при температурі до 600 °С – перлітоцементні вироби.

Основною сировиною для отримання *азбестових теплоізоляційних матеріалів* є хризотіласбест. Виробляють сипкі, рулонні і штучні матеріали і вироби у вигляді картону, плит і сегментів. Ці матеріали також є вогнестійкими.

Теплоізоляційні комірні бетони, які мають середню густину менше 500 кг/м^3 , використовують для теплоізоляції захисних конструкцій і ізоляції трубопроводів, якщо температура поверхні не перевищує 400 °С.

15.4. Органічні теплоізоляційні матеріали та вироби

Органічні теплоізоляційні матеріали і вироби виготовляють з різноманітної рослинної сировини (відходів деревини, очерету, торфу, очосів льону, конопель), з шерсті тварин, а також на основі полімерів. Ці матеріали і вироби швидко загнивають, ушкоджуються комахами, тому вони вимагають попередньої відповідної обробки, яка б підвищила їх довговічність.

Деревоволокнисті і деревостружкові плити виробляють з відходів деревини або з інших рослинних волокон шляхом їх подрібнення, проклеювання, формування і термічної обробки з наступним просоченням вогнезахисними сумішами.

Комишитові плити застосовують для теплоізоляції захисних конструкцій невідповідальних будівель.

Торф'яні теплоізоляційні вироби одержують у вигляді плит і блоків. Сировиною є неперегнилий мох (сфагнум), що залягає на поверхні торф'яних боліт і не використовується як паливо. Термічна обробка приводить до склеювання волокон сфагнуму. Торф'яні плити вимагають захисту від вологи і застосовуються для ізолювання поверхонь з температурою до 100 °С.

Цементно-фібролітові плити – це теплоізоляційно-конструкційні вироби, одержані унаслідок твердіння суміші цементу, води і деревної шерсті.

Пробкові теплоізоляційні матеріали одержують з відходів від переробки пробкового дуба (оксамитового дерева), що росте на Далекому Сході, в Амурській області і на Сахаліні. Це один з якнайкращих теплоізоляційних матеріалів, який не гниє і не горить; застосовують його для ізолювання поверхонь з температурою від 70 до 150°C.

Термоізоляційні матеріали на основі полімерів використовують у вигляді газонаповнених пластмас і виробів, а також мінераловатних і скловатних виробів на полімерному в'язучому.

По структурі газонаповнені термоізоляційні пластмасові матеріали і вироби поділяються на:

- комірні або пінні з $\rho_0 = 30 \dots 300 \text{ кг/м}^3$ – пінопласти;
- поруваті з $\rho_0 > 300 \text{ кг/м}^3$ – поропласти;
- сотові – сотопласти..

Найпоширенішими є поропласт полістиролу, виготовлений з бісерного полістиролу; поліуретановий поропласт; міпора, виготовляється на основі полімеру формальдегіду.

Особливу цікавість виявляють будівельники до пінопластів (пінополістиролу, пінополіуретану), оскільки ними можна заповнювати пустоти і стики будівельних конструкцій на місці використання.

15.5. Акустичні матеріали

Акустичні матеріали і вироби використовують для звукоізоляції від повітряного і ударного шуму, а також для поліпшення акустичних характеристик видовищних приміщень. Ці матеріали поділяються на дві групи: *звукоізоляційні* і *звукопоглинальні*.

Звукопоглинальні матеріали і вироби застосовують переважно для внутрішньої обробки приміщень з метою поліпшення їх акустичних властивостей – зниження чутних шумів. По характеру поглинання звуку ця група матеріалів поділяється на:

- поруваті з твердим каркасом, в яких звук поглинається унаслідок в'язкого тертя в порах і при цьому звукова енергія перетворюється на теплову (піноскло, газобетон і т. п.);
- поруваті з гнучким каркасом, в яких, окрім тертя в порах, виникають втрати релаксацій, пов'язані з деформацією нежорсткого каркаса (мінеральна вата, ДВП);
- панельні матеріали і вироби, в яких звукопоглинання обумовлено активним опором падаючої звукової хвилі (тонкі фанерні панелі, жорсткі ДВП, звуконепроникні тканини).

Для забезпечення звукопоглинання випускають плити, рулони, сипкі матеріали, з цією метою використовують також і штукатурку, яка має гладкопористу структуру.

Останнім часом розповсюдження набули плити типу "Акмігран", "Силак-пор". Застосовують також гіпсові і азбестоцементні перфоровані плити.

Звукоізоляційні матеріали в основному використовуються для ізоляції від ударного і повітряного шуму, що проходить через конструкцію і є матеріалами прокладок, що сильно знижують швидкість розповсюдження звуку. Оптимальне поєднання всіх звукоізоляційних характеристик в приміщенні одержують при застосуванні порувато-волоконних, резиноподібних матеріалів з губчастою структурою.

Завдання для самостійної роботи

1. Що називають теплоізоляційними матеріалами і основні вимоги до них?
2. Класифікація теплоізоляційних матеріалів.
3. Що називають акустичними матеріалами?
4. Класифікація акустичних матеріалів.
5. Сфери застосування теплоізоляційних і акустичних матеріалів.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Химические минеральные добавки в бетон. / под ред. А. Ушерова-Маршака. – Харьков: "Колорит", 2005. – 280 с.
2. Большаков В.И., Дворкин Л.И. Строительное материаловедение. Днепропетровск: АВА "Днепро-VAL", 2004. – 670 с.
3. Микульский В.Г., Горчаков Г.И. и др. Строительные материалы. – М.: Издательство Ассоциации строительных ВУЗов, 2004. – 536 с.
4. Юхновский П.И. Строительные материалы и изделия. Учеб пособие. – Мн.: УП "Технопринт", 2004. – 476 с.
5. Бирюков А.И. Твердение силикатных минералов цемента. - Харьков: Харьковский фил. изд. "Транспорт Украины", 1999. – 287 с.
6. Бирюков А.И. О Механизмах процессов гидратации силикатных минералов цемента (C_2S и C_3S) и комплексе моделирования параметров этих процессов в зависимости от рН среды. / Рациональные энергосберегающие конструкции, здания и сооружения в строительстве и коммунальном хозяйстве: // Сб. научн тр. Ч.2. Международной научн.-практ. конф. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2002.
7. Бирюков А.И. Особенности механизма гидратации силикатных минералов цемента. / Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті. // Зб. наукових праць УкрДАЗТ, Випуск 63. - 2004.
8. Бирюков А.И. Механизм гидратации силикатных минералов цемента. / Вестник БГТУ им.Шухова. - 2005. №9. – С 46-50.
9. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К. та інш. Будівельне матеріалознавство. - К.: ТОВ УВПК "ЕксОб", 2004. – 704 с.
10. Г.И.Горчаков, Ю.М.Баженов. Строительные материалы. М. Стройиздат. 1986. – 687 с.
11. Минеральные вяжущие вещества. / Под общ. ред. А.В. Волженского. М., стр., 1974, С.473.
12. П.А.Ребиндер. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. Избранные труды. М., Наука, 1979, 384 с.
13. Композиционные материалы. Справочник. / Под общей редакцией В.В.Васильева, Ю.М.Тарнопольского М.: "Машиностроение", 1990, 418 с.

Навчальне видання

БАРАНОВА Анна Андріївна

Конспект лекцій з дисципліни «Будівельне матеріалознавство» (для студентів
2 курсу денної, заочної форм навчання за напрямом підготовки
6.060101 «Будівництво» і слухачів другої вищої освіти спеціальності
7.06010108 «Теплогазопостачання і вентиляція»)

Відповідальний за випуск О. В. Кондращенко
Редактор *К. В. Дюкар*
Комп'ютерне верстання *Є. Г. Панова*

План 2012, поз. 22Л

Підп. до друку 26.07. 2012 р.
Друк на ризографі
Зам. №

Формат 60х84/16
Ум. друк. арк. 7,4
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК №4064 від 12.05.2011