

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА БУДІВНИЦТВА ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**



## **АРХІТЕКТУРНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО**

**Конспект лекцій**

**для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
освітньої програми «Архітектура та містобудування»  
галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»  
спеціальності G17 Архітектура та містобудування  
денної форми навчання**

ЛУЦЬК 2025

**УДК 691 (07)**

**Б 90**

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ

Директор бібліотеки \_\_\_\_\_ Н.ПОЛІЩУК

Рекомендовано до видання вченою радою факультету архітектури, будівництва та дизайну ЛНТУ, протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 року.

Голова вченої ради факультету архітектури, будівництва та дизайну  
\_\_\_\_\_ О. АНДРІЙЧУК

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри будівництва та цивільної інженерії ЛНТУ, протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 року.

Завідувач кафедри БЦІ \_\_\_\_\_ О. УЖЕГОВА

Укладачі: \_\_\_\_\_ І. ЗАДОРЖНІКОВА, к.т.н., доцент ЛНТУ;  
\_\_\_\_\_ О. УЖЕГОВА, к.т.н., доцент ЛНТУ

Рецензент: \_\_\_\_\_ С. РОТКО, к.т.н., доцент ЛНТУ.

Відповідальний за випуск: \_\_\_\_\_ О. УЖЕГОВА кандидат технічних наук, доцент ЛНТУ.

Архітектурне матеріалознавство: конспект лекцій для здобувачів Б 90 першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Архітектура та містобудування» галузі знань 6 Інженерія, виробництво та будівництво спеціальності G17 Архітектура та містобудування денної форми навчання /, І.В. Задорожнікова, О.А. Ужегова, – Луцьк: ЛНТУ, 2025. – 144 с.

Конспект лекцій складено відповідно до діючої програми курсу «Архітектурне матеріалознавство» Викладено загальні дані про види, властивості, способи виробництва та експлуатацію архітектурно-будівельних матеріалів. Наведено номенклатуру виробів та конструкцій їх призначення і застосування.

© О.А. Ужегова, І.В. Задорожнікова, 2025

## ВСТУП

У підготовці здобувачів ОП «Архітектура та містобудування» курс «Архітектурного матеріалознавства» досить важливий, бо, не знаючи властивостей будівельних матеріалів, не можна правильно спроектувати, побудувати і експлуатувати жодної будівлі чи споруди.

Курс «Архітектурне матеріалознавство» – основа для вивчення таких дисциплін: архітектура, будівельні конструкції.

Капітальне будівництво – одна з найважливіших галузей господарства. Перед архітекторами та будівельниками стоїть завдання підвищувати ефективність будівництва. Цього можна досягти завдяки використанню прогресивних науково-технічних досягнень; скорочення витрат матеріальних ресурсів, паливно-енергетичних ресурсів, трудових ресурсів.

У повному обсязі будівельно-монтажних робіт вартість будівельних матеріалів становить 50...70%. Тому для здешевлення будівництва важливо вишукувати ефективні і дешеві матеріали.

У будівництві з давніх давен застосовують такі матеріали як камінь, дерево, пісок, глину, цемент, гіпс. Поряд з ними зараз популярні і нові сучасні матеріали на основі полімерів – полімербетони, склопластики, деревношаруваті пластики, скловолокнисті матеріали та інші. Завдяки новим будівельним матеріалам зростають можливості будівельної індустрії.

В Україні є достатня сировинна база для виготовлення ефективних будматеріалів. Крім того, сировиною є відходи промисловості, які в достатній мірі накопичились на території промислових підприємств України (відходи вугледобування та вуглезбагачення; теплової енергетики, хімічної промисловості, лісової та деревообробної промисловості, чорної та кольорової металургії, гірничодобувних галузей промисловості).

**БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ** – це речовини, різні за складом, структурою, формою та властивостями, які використовуються безпосередньо для зведення будівель та споруд або для виготовлення з них будівельних виробів. Найпростіші матеріали – пісок, глина, деревина, гравій, камінь.

**БУДІВЕЛЬНІ ВИРОБИ** – закінчені елементи, виготовлені з будівельних матеріалів; наприклад, блоки, панелі, цегла.

**БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ** – елементи будівель та споруд; наприклад, перекриття, стіна, покриття, підлога тощо.

Будівельні матеріали за своїм походженням бувають природними або штучними (отриманими внаслідок технологічної переробки природної сировини); за хімічним складом – органічними або неорганічними (мінеральними).

Якись будівельних матеріалів визначається за державними стандартами, технічними умовами, будівельними нормами та правилами та іншими нормативними документами, де викладено вимоги до будівельних матеріалів, методи визначення їх властивостей, транспортування, зберігання, основні вказівки щодо планувального та конструктивного проектування.

Для кращого вивчення будівельних матеріалів, їх систематизують, тобто класифікують за певними ознаками. Можна класифікувати за галуззю застосування; наприклад, *покрівельні* (черепиця, бляха, гонт, азбестоцементні листи), *стінові* (камінь, цегла, блоки), *оздоблювальні* (емалі, керамічна плитка, плити з природного камення). Доцільніше класифікувати матеріали за *технологічними* ознаками: матеріали з деревини, металеві вироби, природні камені, будівельна кераміка, розчини, теплоізоляційні матеріали тощо.

У Волинській області виготовляють багато будівельних матеріалів та виробів. У кар'єрах видобувають глину, пісок, вапняк, крейду. На заводах виготовляють силікатну та глиняну цеглу, бетонні ті залізобетонні вироби і конструкції, розчинні та бетонні суміші. Деревина теж є місцевою сировиною для виготовлення високоякісних столярних виробів, художнього паркету, ефективних композиційних матеріалів.

Для підвищення ефективності матеріалів варто знижувати їх об'ємну масу (зменшуючи тим самим транспортні витрати, вагу конструкцій, навантаження на фундамент, можливість укрупнювати конструкції тощо), нарощувати міцність, морозостійкість, водостійкість, довговічність.

## Тема 1. ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ

1. Загальні відомості.
2. Класифікація основних властивостей матеріалів.
3. Фізичні властивості матеріалів.
4. Фізико-механічні властивості.

Властивості матеріалів залежать від їх *структури*, хімічного, мінералогічного, фазового *складу*, на які впливають, в свою чергу, *умови утворення* матеріалів у природі чи властивості сировини, особливості *технології* виготовлення чи обробки.

Залежно від будови (макроструктури) матеріали бувають:

- щільними (граніт, сталь, скло);
- пористими (піноскло, ніздрюваті бетони, керамзит);
- пухкозернистими (пісок, щебінь, перліт, цемент);
- шаруватими (фанера, шаруваті пластики);
- волокнистими (деревина, мінеральна вата).

Будова матеріалу впливає на властивості. При збільшенні пористості зменшується вага матеріалу, зменшується його теплопровідність, істотно змінюються міцність, водопроникність, морозостійкість та інші.

За структурним станом матеріали бувають ізотропними (сталі властивості в усіх напрямках) або анізотропними (в різних напрямках властивості різні). Матеріали мінерального походження за мікроструктурою поділяються на кристалічні (з

правильним розміщенням молекул, атомів у кристалічних решітках), аморфні (з хаотичним розташуванням молекул). Для деяких матеріалів характерний поліморфізм.

## КЛАСИФІКАЦІЯ ОСНОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

### 1. Фізичні

- структурно-фізичні – характеризують особливості фізичного стану матеріалу (істинна густина, питома вага, середня густина, насипна густина, пористість, порожнистість);
  - гідрофізичні – зумовлюють реакцію матеріалу на дію вологи (гігроскопічність, капілярне всмоктування, водопоглинання, водостійкість, вологість, водопроникність, гідрофільність, гідрофобність, вологові деформації, морозостійкість);
  - теплофізичні – визначають реакцію матеріалу на дію теплоти і вогню (теплопровідність, теплостійкість, вогнестійкість, температурні деформації, вогнетривкість, жаростійкість тощо);
  - фізико-механічні – характеризують здатність матеріалу чинити опір руйнуванню під дією різних механічних навантажень (міцність при стиску, розтягу, вигині, твердість, стиранність, опір удару, деформативні властивості);
  - фізико-хімічні – характеризують взаємозв'язок фізичного та хімічного станів чи хімічних процесів, що відбуваються у матеріалі (дисперсність, в'язкість, пластичність мінерального тіста, когезія, адгезія, здатність до твердіння чи емульгування).
2. Хімічні – характеризують здатність матеріалу до хімічних перетворень при взаємодії з речовинами, що контактують з ним: стійкість до мінералізованих середовищ; кислотостійкість; лугостійкість; токсичність.
  3. Технологічні – визначають здатність матеріалу сприймати технологічну обробку чи переробку: полірувальність; подрібнюваність; гвоздимість; розпилюваність; абразивність; формівність; злежуваність; розшаровуваність.
  4. Спеціальні властивості: декоративність (колір, блиск, фактура); акустичні властивості; електропровідність; прозорість; радіаційна непроникність.
  5. Експлуатаційні властивості – характеризують здатність матеріалу чинити опір руйнівній дії зовнішніх факторів: атмосферостійкість, повітродійність, біологічна стійкість, корозійна стійкість, старіння, надійність.

## ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

### Структурно-фізичні властивості:

*Істинна густина (густина  $\rho$ )* – границя відношення маси матеріалу до об'єму, коли об'єм стягується в точку, у якій визначають густину тіла (без врахування в ньому пор і пустот)

$$\rho = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta V} = \frac{dm}{dV}.$$

Отже, *істинна густина* – це маса одиниці об'єму матеріалу в абсолютно щільному стані:  $\rho = \frac{m}{V_a}$ , [г/см<sup>3</sup>], де  $m$  – маса матеріалу,  $V_a$  – його абсолютний об'єм.

*Питома вага* матеріалу характеризується відношенням ваги тіла до його об'єму:  $\gamma = \rho \cdot g$ , [Н/м<sup>3</sup>], де  $g$  – прискорення вільного падіння.

*Середня густина(об'ємна маса)* – визначається відношенням маси тіла до всього зайнятого ним об'єму, включаючи пори і пустоти:  $\rho_m = \frac{m}{V}$ , [кг/м<sup>3</sup>; г/см<sup>3</sup>].

Середня густина залежить від хімічного та мінералогічного складу, але найбільше від величини та кількості пор і пустот. Чим їх більше, тим легший матеріал. Зі збільшенням вологості середня густина матеріалу зростає. Ця величина тісно пов'язана з пористістю, міцністю, теплопровідністю, водонепроникністю та ін.

*Насипна густина* – це відношення маси сипкого матеріалу до його об'єму (відповідає об'єму посудини, у яку насипано матеріал), включаючи простір між частинками (визначається для зернистих, порошкоподібних матеріалів):  $\rho_n = \frac{m}{V}$ , [кг/м<sup>3</sup>; г/см<sup>3</sup>].

*Відносна густина* – це відношення середньої густини матеріалу до густини відомої стандартної речовини, наприклад, води, для якої  $\rho_w = 1000$  кг/м<sup>3</sup> = 1г/см<sup>3</sup>. Відносна густина – величина безрозмірна.

*Коефіцієнт щільності* характеризує ступінь заповнення об'єму твердою речовиною:  $\kappa_{щ} = \rho_m / \rho$ .

*Пористість матеріалу* – це ступінь заповнення об'єму матеріалу порами розмірами до 1...3 мм.

$$\Pi = 1 - \kappa_{щ} = 1 - \frac{\rho_m}{\rho} = \left( \frac{\rho - \rho_m}{\rho} \right) \cdot 100\%.$$

З пористістю пов'язані такі характеристики матеріалу як міцність, водопоглинання, морозостійкість, теплопровідність (легкі матеріали зі значною пористістю, мають невелику міцність; щільні матеріали при невеликій пористості – водонепроникні). Пористість може бути різного характеру – крупно пориста (розмір пор 0,1...3 мм), дрібнопориста (розмір пор 1(10-6...0,01 мм). Пори бувають закритими та відкритими. Відкрита пористість визначається відносно сумарного об'єму всіх пор, які насичуються водою, до загального об'єму матеріалу:

$$\Pi_v = \frac{m_2 - m_1}{V} \cdot \frac{1}{\rho_v};$$

де –  $V$  об'єм зразка, см<sup>3</sup>;  $m_2$  – маса зразка, насиченого водою,

г;  $m_1$  – маса сухого зразка, г; ( $\rho_v = 1$ г/см<sup>3</sup> – густина води при температурі 4<sup>0</sup>С. Закрита пористість  $\Pi_z = \Pi - \Pi_v$ . Будівельні матеріали, що характеризуються великою закритою пористістю мають незначне водопоглинання і високу морозостійкість. Для прикладу: пористість скла – 0%, керамічної цегли – 30...40%, граніту – 0,2...0,8%, важкого бетону – 5...20%, легкого бетону – 35...85%, поропластів – 85...95%.

*Пустотність* характеризується наявністю порожнин (пустот) у будівельних виробках (порожниста цегла, панелі) або між зернами в сипких матеріалах (пісок, гравій, жорства) і визначається у % від загального об'єму виробу чи матеріалу. Пустотність сприяє зменшенню маси конструкцій і покращення теплозахисних властивостей. Для керамічної порожнистої цегли пустотність становить 15...50%, для піску, щебеню – 35...45%.

### Гідрофізичні властивості

*Гігроскопічність* – здатність матеріалу поглинати водяну пару з повітря. Її визначають як відношення маси гігроскопічної вологи до маси сухого матеріалу. Гігроскопічна волога буває адсорбційно зв'язана (утримується на поверхні пор сорбційними силами) та капілярно (перебуває у мікропорах матеріалу).

*Капілярне всмоктування* пористими матеріалами відбувається за рахунок підняття вологи по капілярах, коли частина конструкції чи матеріалу знаходиться у воді (наприклад, ґрунтові води при відсутності гідроізоляції зволожують надземну частину будівлі). Капілярне всмоктування характеризується висотою підняття вологи, об'ємом поглинутої води, інтенсивністю всмоктування.

*Водопоглинання* – здатність матеріалу всмоктувати і утримувати у собі вологу при безпосередньому контакті з водою. Розрізняють водопоглинання за масою та за об'ємом. Водопоглинання за масою це відношення маси поглинутої води до маси сухого матеріалу:  $W_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100\%$ , де  $m_2$ ,  $m_1$  – маси матеріалу,

відповідно, у насиченому водою стані та у сухому стані. Водопоглинання за об'ємом характеризується ступенем заповнення пор матеріалу водою при повному насиченні і виражається відношенням об'єму поглинутої води до загального об'єму матеріалу у звичайному стані:

$$W_o = \frac{V_e}{V} \cdot 100\% = \frac{m_2 - m_1}{\rho_e} \cdot \frac{1}{V} \cdot 100\%.$$

Величини водопоглинання за об'ємом та за

масою характеризують граничний випадок, коли матеріал не може більше всмоктувати вологу.

*Коефіцієнт водопоглинання* – це відношення об'єму поглинутої води до загального об'єму пор у матеріалі:  $K_e = W_o / \Pi$ .

Відношення водопоглинання за об'ємом до водопоглинання за масою чисельно дорівнює відносній густині матеріалу:

$$\frac{W_o}{W_m} = \frac{\frac{m_2 - m_1}{V} \cdot \frac{1}{\rho_e} \cdot 100\%}{\frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100\%} = \frac{m_1}{V\rho_e} = \frac{\rho_m}{\rho_e} = d \Rightarrow \frac{W_o}{W_m} = d.$$

Водопоглинання за об'ємом називають уявною пористістю на відміну від дійсної пористості. Вода не проникає у закриті і дуже малі пори. Проте при кип'ятінні вода проникатиме у всі відкриті пори. Водопоглинання залежить від середньої густини матеріалу та характеру його пористості: для керамічної цегли – 8...20%, важкого бетону – 2...6%, вапняку – 1,5...3%, граніту – 0,02...0,7%. При насиченні матеріалу водою зростатиме середня густина матеріалу, збільшиться і теплопровідність матеріалу, проте зменшиться міцність та морозостійкість.

*Водостійкість* – це здатність матеріалу зберігати свою міцність при тимчасовому чи постійному зволоженні. Водостійкість характеризується коефіцієнтом *водостійкості* (коефіцієнтом розм'якшення), що визначається відношенням міцності насиченого водою матеріалу  $R_n$  до його міцності у сухому стані  $R_c$ :  $K_p = R_n / R_c$ . Водостійкі матеріали мають  $K_p \geq 0,8$ , а при  $K_p < 0,8$  матеріали вважаються неводостійкими, тому їх не застосовують у місцях зі значною вологістю.

Вологість визначається вмістом води у порах і на поверхні пор матеріалу у звичайному стані за масою чи об'ємом, вимірюється у % (ця величина значно менша за водопоглинання):  $W = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100\%$ , де  $m_1$  – маса вологого матеріалу,

$m$  – маса матеріалу у сухому стані. Вологість матеріалу залежить від вологості навколишнього середовища, атмосферних явищ (дощ, танення снігу). Із зволоженням погіршуються теплозахисні властивості матеріалу, знижується морозостійкість.

*Вологовіддача* – здатність матеріалу віддавати вологу зі зміною температури, вологості навколишнього середовища; характеризується інтенсивністю втрати води за добу при відносній вологості навколишнього повітря 60% і при температурі +20°C. Повітряно-сухий матеріал – це так звана вологова рівновага між показниками вологості матеріалу і навколишнього повітря.

*Вологопроникність* – здатність матеріалу пропускати крізь себе воду при певному гідростатичному тиску; характеризується коефіцієнтом фільтрації  $K_f$  і залежить від щільності матеріалу, будови. Деякі матеріали (скло, пінополістирол) мають  $K_f = 1$ . Коефіцієнт фільтрації – дуже важливий показник для матеріалів гідротехнічних споруд, резервуарів, систем водопостачання і водовідведення, покрівельних матеріалів, гідроізоляційних матеріалів.

*Гідрофільність* – здатність матеріалу зв'язувати воду і змочуватися.

*Гідрофобність* – здатність матеріалу не змочуватися водою (парафін, оливи, бітум тощо). Певним матеріалам надають гідрофобності за допомогою спеціальних водовідштовхувальних покриттів (гідрофобізація), що сприяє підвищенню водонепроникності, водо- і морозостійкості, довговічності.

*Вологові деформації* – здатність матеріалу змінювати свій об'єм зі зміною вологості. Набухання – збільшення об'єму при зволоженні (деревина, глина). Усадка – зменшення в об'ємі та за розмірами при зниженні вологості. Внаслідок нерівномірного висихання утворюються усадочні тріщини.

*Морозостійкість* – здатність матеріалу у насиченому водою стані витримувати багаторазове навіперемінне заморожування та відтавання без зниження міцності при стиску до 15% і втрати маси до 5%. Морозостійкість характеризується

марками – оптимальним числом циклів заморожування-відтавання, які витримує випробуваний матеріал. Позначається  $F$ . Наприклад керамічна цегла може мати морозостійкість марок  $F15$ ,  $F25$ ,  $F35$ ,  $F50$ , дорожній бетон  $F50...F200$ , гідротехнічний бетон  $F500$ . Від морозостійкості залежить міцність та довговічність матеріалу у конструкції. Найбільшу морозостійкість мають матеріали з низьким водопоглинанням, однорідні за структурою.

### Теплофізичні властивості

*Теплопровідність* – здатність матеріалу передавати теплоту від однієї поверхні до іншої при наявності різниці температур на цих поверхнях; характеризується коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda$ , що визначається за формулою:  $\lambda = q\delta / \Delta T$ , [Вт/(мК)], де  $q$  – поверхнева густина теплового потоку [Вт/м<sup>2</sup>];  $\delta$  – товщина матеріалу, [м];  $\Delta T$  – різниця температур на ділянці завтовшки  $\delta$ , [К]. Коефіцієнт теплопровідності залежить від ступеня пористості та характеру пор, структури, вологості, температури, виду матеріалу. Найменша теплопровідність для повітря –  $\lambda=0,023 \text{ Вт/(мК)}$ , а для води  $\lambda=0,58 \text{ Вт/(мК)}$ , цим і пояснюється більша теплопровідність вологих матеріалів. Для мінеральних матеріалів, маючи їх відносну густина  $d$ , можна визначити коефіцієнт теплопровідності за емпіричною формулою В.П.Некрасова  $\lambda = 1,16 \cdot \sqrt{0,0196 + 0,22d^2} - 0,16$ . Теплопровідність – один з найважливіших показників, що характеризують теплозахисні властивості матеріалів.

Для огорожуючих конструкцій важливою характеристикою є термічний опір, що для одношарової конструкції визначається за формулою:  $R_\delta = \delta / \lambda$ , [м<sup>2</sup>К/Вт], де  $\delta$  – товщина шару, [м];  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності даного матеріалу, [Вт/(мК)]. У випадку багатошарових конструкцій загальний термічний опір визначається як сума термічних опорів окремих шарів.

*Теплоємність* – здатність матеріалу поглинати теплоту під час нагрівання; характеризується питомою теплоємністю (коефіцієнтом теплоємності), тобто кількістю теплоти, необхідної для нагрівання одиниці маси на один градус. Теплоємність має велике значення при розрахунку огорожуючих конструкцій з метою збереження температури без різких коливань. Матеріали для огорожуючих конструкцій вибирають з невеликим коефіцієнтом теплопровідності та з вищою теплоємністю.

Теплостійкість – здатність матеріалу витримувати нагрівання до певної температури, меншої за температуру плавлення, без переходу в пластичний стан. Низьку теплостійкість мають бітуми (температура їх розм'якшення становить +45...90<sup>0</sup>С), полімери ( в залежності від складу температура їх розм'якшення становить +80...180<sup>0</sup>С), для скла температура розм'якшення +750...900<sup>0</sup>С.

*Термостійкість* – здатність матеріалу витримувати наперемінне нагрівання та охолодження без руйнування. Залежить від ступеню однорідності матеріалу, від коефіцієнта температурного розширення. Термічно стійкі матеріали – шамот, базальт, клінкер, а нестійкі – кварц, скло, граніт.

*Температурні деформації* – здатність матеріалу під дією температур у процесі експлуатації змінювати свої розміри. Характеристикою температурних деформацій є температурний коефіцієнт лінійного розширення, що характеризує видовження 1м матеріалу під час нагрівання на 1<sup>0</sup>С.

*Вогнестійкість* – здатність матеріалу витримувати дію високих температур або відкритого вогню не руйнуючись. За ступенем вогнестійкості матеріали поділяють на 3 групи: неспалимі, важко спалимі, спалимі. *Неспалимі* під дією вогню чи високих температур не горять, не тліють, не обвуглюються (мінеральні матеріали). *Важко спалимі* – під дією високих температур чи вогню злегка займаються, тліють та обвуглюються (мінерало-органічні матеріали – гідроізол, фіброліт, асфальтобетон), проте ці процеси припиняються, коли усувають джерело вогню. *Спалимі* – під дією високих температур займаються чи тліють, при усуненні джерела високої температури ці явища не припиняються (деревина, бітуми, полімери).

*Вогнетривкість* – здатність матеріалу витримувати тривалу дію високих температур не деформуючись і не розплавляючись. Такі матеріали застосовують для печей, труб котельень тощо.

### **Фізико-механічні властивості**

*Міцність* – здатність матеріалу чинити опір руйнуванню від внутрішніх напружень, що виникають внаслідок зовнішніх навантажень. Характеристикою міцності є границя міцності при певних зовнішніх впливах (стиску, розтягу, згину тощо). Вона залежить від середньої густини, пористості, вологості матеріалу.

*Границя міцності при осьовому стиску* визначається за формулою:  $R_{cm} = P/A$ , [Па], де  $P$  – руйнівне навантаження, [Н];  $A$  - площа поперечного перерізу зразка до випробування, [м<sup>2</sup>]. Числове значення границі міцності при стиску для багатьох матеріалів пов'язане з маркою, класом – найважливішими показниками якості матеріалу.

Щоб оцінити порівняльну ефективність матеріалів, вводять *коефіцієнт конструктивної якості*  $K_{к.я.}$ , [МПа], що визначається за формулою:  $K_{к.я.} = R/d$ ; тут  $R$  – границя міцності матеріалу при характерних зовнішніх впливах, [МПа];  $d$  – відносна густина матеріалу. Коефіцієнт конструктивної якості для цегли – 11 МПа, важкого бетону – 21 МПа; сталі – 52 МПа, сосни – 95 МПа, склопластику – 225 МПа.

*Границя міцності при вигині* визначається експериментально для зразків-балочок чи натурних зразків (цегли, черепиці) та обчислюється за формулою:

$R_{виг} = \frac{3Pl}{2bh^2}$ , [МПа], де  $P$  – руйнівне навантаження, [Н];  $l$  - віддаль між опорами, [м];  $b, h$  - ширина і висота зразка, [м].

*Границя міцності при осьовому розтягу*  $R_p = P/A$ , [Па], де  $P$  – руйнівне зусилля розтягу, [Н];  $A$  - площа поперечного перерізу зразка до випробування, [м<sup>2</sup>].

Під час експлуатації в конструкціях будівель та споруд допускаються напруження значно менші від границі міцності, тобто передбачається запас міцності.

*Твердість* – здатність матеріалу чинити опір місцевим деформаціям, які виникають тоді, коли в тіло намагаються проникнути інші твердіші тіла. Поняття твердість та міцність не тотожні. Для визначення твердості мінеральних матеріалів застосовують шкалу Мооса, до якої входить 10 еталонних мінералів у певній послідовності: тальк, гіпс, кальцит, плавиковий шпат, апатит, ортоклаз, кварц, топаз корунд, алмаз.

*Стиральність* – здатність матеріалу зменшуватись за масою та об'ємом при спільній дії абразивного матеріалу та стиральних зусиль. Залежить від твердості матеріалу та характеризується втратою маси на одиницю площі стираної поверхні. Цей показник важливий при підборі матеріалів для підлог, покриттів.

*Опір удару* – (ударна міцність) – здатність матеріалу чинити опір руйнуванню під дією ударних навантажень, визначається роботою, затраченою для ударного злому, віднесеною до робочої площі поперечного перерізу.

### **Деформативні властивості:**

*пружність* - здатність твердого тіла деформуватись під дією зовнішніх сил і самочинно відновлювати початкову форму та об'єм, коли припиняється дія сили. Початкова форма може відновлюватись цілком або частково, тому деформації називають оборотними або залишковими;

*пластичність* - здатність твердого тіла змінювати форму чи об'єм без руйнування та зберігати спотворену форму і тоді, коли дія сили припинилася. Пластичні деформації необоротні. Для деяких матеріалів пластичність залежить від температури (пластмаси, бітум), вологості (глина);

*крихкість* (поняття протилежне до пластичності) – здатність матеріалу під впливом зовнішніх навантажень руйнуватися без попередніх пластичних деформацій, коли навантаження досягають граничних значень. Крихкі матеріали – скло, чавун, бетон. На крихкість впливає температура, вологість;

*повзучість* – здатність матеріалу при тривалому навантаженні (меншому від граничного) виявляти не пружні деформації, що наростають;

*утома* – властивість матеріалу при тривалих змінних навантаженнях виявляти “утомленість” і руйнуватися при напруженнях, значно менших від границі міцності;

*релаксація* характеризується падінням напруження у матеріалі при сталій деформації, що зумовлене поступовим переходом пружних деформацій у пластичні.

### **Фізико-хімічні властивості**

*Дисперсність* характеризується ступенем тонкості помелу твердого тіла і оцінюється показником питомої поверхні. Дисперсні матеріали: цемент, гіпс, пігменти тощо. *Питома поверхня* – відношення сумарної поверхні всіх часточок до одиниці маси (кг/м<sup>2</sup>). Чим більша питома поверхня, тим вища активність матеріалу. Дисперсні матеріали можуть перебувати у різних середовищах – повітряному, рідкому, твердому – це так звані дисперсні системи. Дисперсні системи називають *суспензіями*, якщо частинки речовини розмірами до 0,1...1,0 мкм перебувають у рідині у зваженому стані і поступово осідають під дією власної ваги. Дисперсні

системи називають *колоїдними*, якщо частинки їх мають розміри до 0,0001...0,01 мкм і вони не осідають під дією власної ваги.

*В'язкість* зумовлена внутрішнім тертям у рідині під час переміщення одного шару відносно іншого.

*Пластичність мінерального тіста* – здатність тістоподібної маси деформуватись без порушення суцільності під впливом механічних впливів. Мінеральне тісто – це висококонцентровані водні суспензії глини, вапна, цементу та інших дисперсних матеріалів.

*Когезія* – показник внутрішнього зчеплення матеріалу, зумовленого міжмолекулярними зв'язками

*Адгезія* – показник зовнішнього зчеплення матеріалів один з одним по поверхні їх контакту.

*Здатність до твердіння* – характерна для в'язких речовин. У робочому стані – це пластичне тісто, яке за певних умов переходить у твердий стан.

*Здатність до емульгування* – характеризується властивістю деяких матеріалів утворювати з водою рідкі дисперсії – *емульсії* (системи з двох незмішуваних рідин, одна з яких у вигляді найдрібніших краплин рівномірно розподілена в другій).

### **Хімічні властивості**

*Стійкість щодо дії мінералізованих середовищ* (морських, ґрунтових, дренажних вод з високим вмістом розчинів солей) характеризується здатністю матеріалу працювати в таких середовищах без втрати міцності.

*Кислотостійкість* – здатність чинити опір дії кислот, характерна для матеріалів, що містять кремнезем.

*Лугостійкість* - здатність чинити опір дії лугів, характерна для матеріалів, що містять основні оксиди.

*Токсичність* – здатність матеріалу у процесі виготовлення та експлуатації за певних умов виділяти шкідливі для здоров'я людини отруйні речовини.

### **Технологічні властивості**

*Технологічність* – здатність матеріалу сприймати різні види, прийоми, методи технологічної обробки.

*Полірувальність* – здатність матеріалу (граніт, мармур, базальт) сприймати обробку тонкими абразивними матеріалами.

*Подрібнюваність* - здатність матеріалу сприймати механічне подрібнення внаслідок переважно ударних навантажень або дії електричного струму, термічного удару, електрогідравлічного ефекту.

*Абразивність* характерна для твердих матеріалів (кварц, топаз, корунд, алмаз), які застосовуються для поверхневої обробки (шліфування, полірування) чи розпилювання інших матеріалів.

*Формівність* – характеризує здатність матеріалу набирати певної форми внаслідок різних механічних впливів (пресування, прокатування, вібрування).

*Розшаровуваність* – здатність пластичних матеріалів змінювати (погіршувати) однорідність будови при зберіганні, транспортуванні.

*Злежуваність* характерна для зернистих, порошкоподібних матеріалів, які при тривалому зберіганні здатні до грудкування, ущільнення, втрати сипкості.

### **Спеціальні властивості**

*Декоративність* характеризується спеціальними естетичними властивостями облицювальних матеріалів (колір, блиск, рисунок, фактура).

*Акустичні властивості* – звукопоглинання, звукоізоляція, звукопроникність. *Звукопоглинання* – здатність матеріалу поглинати звукові хвилі, що падають на нього. Оцінюється коефіцієнтом звукопоглинання  $\alpha = E_{\text{погл.}} / E_{\text{пад.}}$ , який набуває значень від 0 до 1, тут  $E_{\text{погл.}}$  – кількість поглинутої енергії;  $E_{\text{пад.}}$  – загальна кількість звукової енергії, що падає на матеріал за одиницю часу. Звукопоглинальні матеріали мають значну відкриту пористість, причому ці пори розгалужені, сполучені між собою. *Звукоізоляція* – здатність матеріалу чинити опір проходженню звукових хвиль, характеризується ступенем зниження рівня звукового тиску внаслідок проходження звуку крізь конструкцію. *Звукопроникність* – здатність матеріалу пропускати крізь себе звукові хвилі.

*Електропровідність* – здатність матеріалу проводити крізь себе електричний струм, оцінюється питомою електропровідністю. Хорошу електропровідність мають метали, вологий бетон, волога деревина, ізоляційними є полімери, фарфор, скло, мармур.

*Прозорість* – здатність матеріалу пропускати світлові промені, забезпечує наскрізну видимість (віконне скло, органічне скло, плівки, склопластики).

*Газопроникність* може спостерігатися при наявності різниці тисків або температур по обидва боки матеріалу, тобто, коли відбувається рух газу (повітря) через пори, тріщини. Оцінюється коефіцієнтом газопроникності.

*Радіаційна непроникність* – здатність матеріалів бути захисним екраном від радіоактивних впливів (гідратні бетони, барит, лимонит, свинець, магнетит).

### **Експлуатаційні властивості**

*Атмосферостійкість* – здатність матеріалу чинити опір руйнуванню під дією атмосферних факторів (зміна температури, сонячне світло, опади, пил, газ).

*Повітростійкість* – здатність матеріалу витримувати багаторазове гігроскопічне зволоження та висушування, при яких не спостерігається деформацій, втрати міцності.

*Біологічна стійкість* – здатність матеріалу чинити опір руйнуванню під впливом біологічних процесів (життєдіяльність мохів, лишайників, грибкових організмів).

*Корозійна стійкість* – здатність матеріалу чинити опір руйнуванню від спільної дії різних факторів – атмосферних явищ, хімічних процесів, біологічного руйнування, забруднення.

*Старіння* – зміна у часі структури та якості матеріалу (поява тріщин, підвищення крихкості, зміна кольору, блиску).

*Надійність* поєднує такі характеристики: довговічність, безвідмовність, схоронність, ремонтпридатність. *Довговічність* - здатність матеріалу служити довгий час у конкретних умовах у встановленому режимі без втрати експлуатаційних властивостей. Є три ступені довговічності: 1 – 100 років і більше, 2 – 50 років і більше, 3 – 25 років і більше. *Безвідмовність* - здатність матеріалу зберігати працездатність протягом певного часу без вимушених перерв на ремонт. *Ремонтпридатність* здатність матеріалу чи виробу сприймати ремонт і налагодження, внаслідок якого якість виробу повертається. Характеристиками ремонтпридатності є час, вартість, трудозатрати. *Схоронність* - здатність матеріалу не втрачати якісних показників після зберігання і транспортування.

*Гігієнічність* - здатність матеріалу сприймати багаторазове чищення, миття, дезинфікування робочої поверхні без зниження якості. Гігієнічними є матеріали зі щільною, водонепроникною, міцною, стійкою поверхнею – керамічні глазуровані, скляні, емальовані матеріали.

*Транспортабельність* - здатність матеріалу без спеціальних пристосувань, тари завантажуватися, транспортуватися, розвантажуватися, причому, без порушення структурної цілісності, появи тріщин, відколів.

## **Тема 2. ПРИРОДНІ КАМ'ЯНІ МАТЕРІАЛИ**

1. Загальні відомості про гірські породи, класифікація залежно від умов утворення.
2. Вивержені гірські породи, матеріали з них; властивості, використання у будівництві.
3. Осадкові гірські породи, матеріали з них. Властивості та використання.

*Природні кам'яні матеріали* – це матеріали, які одержують механічною переробкою чи обробкою гірських порід, не змінюючи їх природної структури та властивостей. Залежно від виду обробки поділяються на подрібнені, колоті, пиляні, поштучні вироби різного ступеню обробки. Застосовують у вигляді поштучного каміння та виробів для стін будівель, сходів, підлог; як облицювальні плити, каміння для дорожнього та гідротехнічного будівництва, бутовий камінь, заповнювачі для бетонів тощо.

*Гірські породи* – це мінеральні маси, що утворюють земну кору і мають відносно сталі склад і будову. Складаються з мінералів, бувають мономінеральними чи полімінеральними.

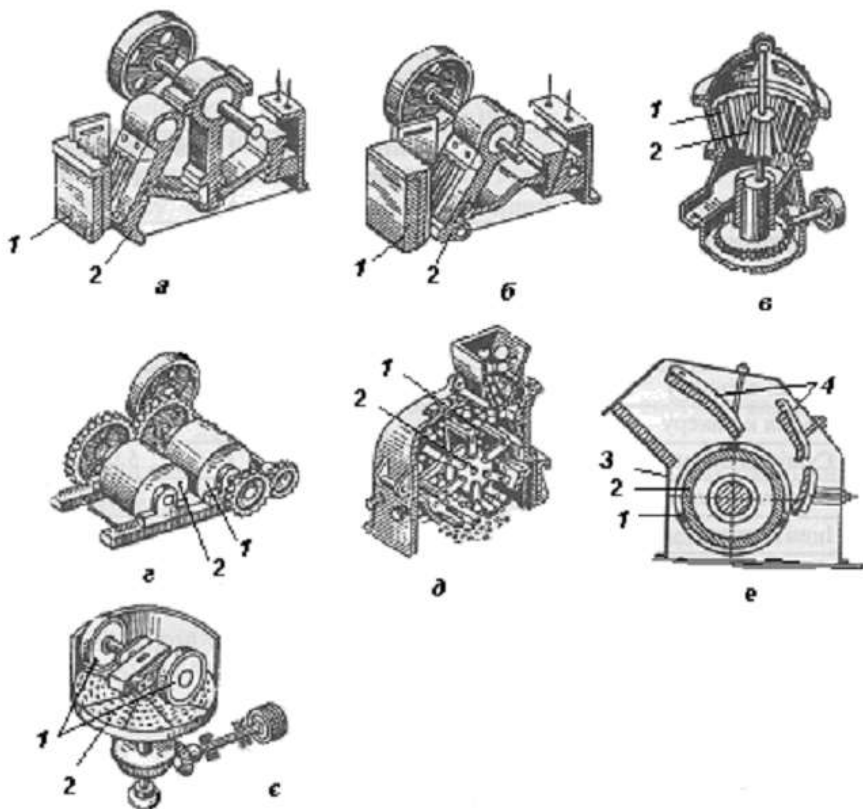


Рис. 1. Дробарки для механічного подрібнення каменю: *а* – щокова з простим качанням щоки; *б* – щокова зі складним качанням щоки (1 – нерухома, 2 – рухома щока); *в* – конусна (1 – нерухомий зовнішній конус; 2 – рухомий внутрішній конус); *г* – валкова (1 і 2 – валки, що обертаються назустріч один одному); *д* – молоткова; *е* – роторна (1 – молотки; 2 – ротор; 3 – корпус; 4 – відбивні плити); *є* – бігуни (1 – катки; 2 – чаша)

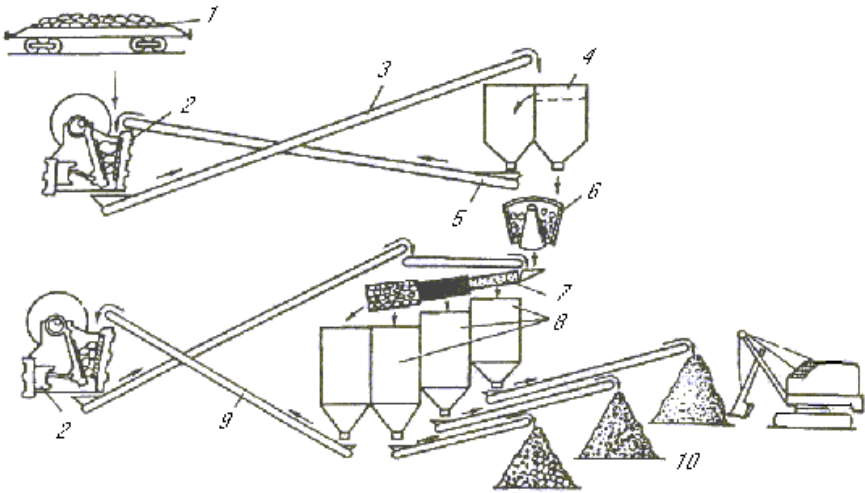


Рис.2. Схема добування щебеню: 1 – камінь; 2 – щоква дробарка; 3, 5, 9 – конвеєри; 4,7 – гуркоти; 6 – конусна дробарка; 8 – бункер; 10 – склади фракцій щебеню

*Мінерали* – це природні утворення, однорідні за хімічним складом, будовою, властивостями. Породоутворюючі мінерали поділяються на 5 груп:

- *група кварцу* – кварц ( $\text{SiO}_2$ ), міцний (2000 МПа при стиску), твердий (тв.7), низька стиранність, хімічно стійкий, колір світлий; густина  $2,65 \text{ г/см}^3$ ; спайності немає;
- *група алюмосилікатів* – польові шпати (ортоклаз, альбіт, анортит) густина  $2,55 \dots 2,70 \text{ г/см}^3$ ; твердість 6;  $R_{\text{ст}} = 120 \dots 170 \text{ МПа}$ ; стійкість менша, ніж у кварцу – під дією води та вуглекислого газу повітря відбувається реакція вивітрювання і польові шпати руйнуються з утворенням водних алюмосилікатів (глин); слюди (мусковіт, біотит, вермикуліт) легко розщеплюються на тонкі пластини, твердість 2–3; легко вивітрюються; густина  $2,7 \dots 3,2 \text{ г/см}^3$ ;
- *група залізисто-магнезійних силікатів* – темно забарвлені мінерали (авгіт, олівін, рогова обманка) – колір темний, твердість  $5,5 \dots 7,5$ ; висока міцність при стиску, найвища ударна міцність; густина  $3,0 \dots 3,6 \text{ г/см}^3$ ;
- *група сульфатів* (гіпс, ангідрит, барит) – будова пластинчаста, зерниста; твердість  $2 \dots 3,5$ ; розчинні у воді; міцність незначна; густина  $2,2 \dots 3,0 \text{ г/см}^3$ , бариту  $4,3 \dots 4,7 \text{ г/см}^3$ ;
- *група карбонатів* (кальцит, магнезит, доломіт) – твердість  $3 \dots 4,5$ ; густина  $2,7 \dots 3,0 \text{ г/см}^3$ ; легко розколюються.

На утворення гірських порід впливають внутрішні та зовнішні процеси, що відбуваються у літосфері.

### **Внутрішні процеси:**

- *тектонічні рухи* (переміщення гірських порід);
- *вулканізм* (явища, зумовлені діяльністю магми);
- *сейсмічні явища* (землетруси);
- *метаморфізм* (фізико-хімічні процеси зміни структури, мінерального, хімічного складу під впливом високих температур, тиску, розчинів солей, газів).

### **Зовнішні процеси:**

- *вивітрювання фізичне* (руйнівна дія температури, морозу, кристалізація солей у капілярах), *хімічне* (руйнування, яке супроводжується зміною хімічного складу), *органічне* (руйнування, що відбувається внаслідок життєдіяльності організмів та рослин);
- *дія вітру (еолові процеси)* – видування часточок, обточування їх, перенесення та відкладення;
- *діяльність плинних вод* – ерозійне розмивання порід, перенесення і відкладання осадів;
- *діяльність моря* – ерозійне розмивання порід, перенесення і відкладання осадів;
- *діяльність льодовиків* – перенесення маси уламків гірських порід.

Гірські породи за походженням поділяються на три великі групи: *вивержені* (їх ще називають первинними або магматичними), що утворилися внаслідок охолодження та затвердіння магми; *осадові* (або вторинні), що виникли у верхніх шарах внаслідок руйнування первинних порід або відмирання решток органічного світу; *метаморфічні* (видозмінені) утворені з вивержених чи осадових порід внаслідок перекристалізації та зміни структури.

Вивержені гірські породи, в залежності від умов утворення, поділяються на *масивні та уламкові*. *Масивні* породи утворилися внаслідок охолодження магми в надрах Землі і називаються *глибинними* (інтрузивними) породами, або біля її поверхні – це *вилиті* породи (ефузивні).

*Глибинні породи* (до них відносяться граніт, сієніт, діорит, лабрадорит, габро) мають зернисто-кристалічну будову, щільні (пористість до 1,5%), густина 2,6...3,0 г/см<sup>3</sup>; міцні (при стиску 100...350 МПа), досить стійкі щодо вивітрювання, морозостійкі, добре поліруються, обтесуються, шліфуються. Застосовують ці гірські породи у вигляді бутового каменю, щебеню, для зовнішніх та внутрішніх оздоблювальних робіт, виготовляють сходи, плити для підлог та доріг, бордюрний камінь.

*Вилиті породи (стародавні* – порфіри, діабаз та *нові* – трахіт, андезит, базальт) мають порфіроподібну структуру, тобто окремі кристали вкраплені у дрібнокристалічну чи склоподібну масу; якщо при виливанні магми відбувалось активне газовиділення, то породи ставали пористими. Властивості цих каменів

близькі до характеристик глибинних порід. Застосовують для покриття доріг та як сировину для кам'яного литва (діабаз, базальт), заповнювачі для бетону, облицювальні кислотостійкі плити (андезит).

*Уламкові породи* (їх ще називають вулканічними) утворилися як продукти перевідкладів і цементації сипких матеріалів, викинутих вулканами. Вони бувають *сипкими* (вулканічний попел та пісок) або *зцементованими* (вулканічний туф, траси, туфова лава). Міцність таких матеріалів незначна, висока пористість, через що невисока середня густина  $0,5 \dots 1,4 \text{ г/см}^3$  і мала теплопровідність. Застосовують ці гірські породи як заповнювачі для легких бетонів, як теплоізоляційні матеріали, стінові матеріали для малоповерхового будівництва.

*Осадові (вторинні) гірські породи* поділяються на 3 групи: *механічні* відклади (сипкі та зцементовані), утворені внаслідок вивітрювання, дії плинних вод та льодовиків; *хімічні* осади (сульфатні чи карбонатні); *органогенні* відклади рослинного і тваринного походження. Особливістю осадових порід є їх шарувата (пластова) будова, це результат поступового осаду продуктів розкладу. Застосовують для виготовлення в'язучих речовин (гіпс, вапняк, крейда, глина, мергелі, ангідрит), легких стінових матеріалів (діатоміт, опока, вапняк-черепашник), гончарних виробів (глина), скла (пісок), крупні зерна з міцних та твердих порід – як бутовий камінь для фундаментів, дорожнього будівництва, облицювання, як заповнювачі до бетонів.

*Метаморфічні породи* утворилися з *магматичних* (гнейси) та *осадових* (глинисті сланці, мармур, кварцити) гірських порід. За властивостями нагадують аналогів, з яких утворилися. Гнейси застосовують для вкладання фундаментів, бутової кладки, дорожнього мощення. Мармур – прекрасний облицювальний матеріал, навіть мармурова крихта застосовується для мозаїчних підлог, декоративних бетонів. Кварцити, маючи високу твердість, кислотостійкість, міцність при стиску  $100 \dots 500 \text{ МПа}$ , застосовуються у особливо відповідальних частинах конструкцій; для облицювання.

### **Тема 3. БУДІВЕЛЬНА КЕРАМІКА**

1. Загальні відомості.
2. Сировина. Властивості глин, поняття про фізико-хімічні процеси, які відбуваються при сушінні та випалюванні глин.
3. Класифікація керамічних виробів, їх виготовлення, властивості та застосування.
4. Стінові керамічні матеріали. Оздоблювальні керамічні матеріали. Кераміка спеціального призначення.

*Керамічні матеріали* отримують з глинястих мас формуванням, сушінням, випалюванням. За структурою бувають *пористими* (черепок не спечений, водопоглинання 8...20% - стінові матеріали, дренажні труби) та *щільними* (черепок спечений, водопоглинання до 1...4% - плитки для підлоги, дорожня цегла). За призначенням поділяються на:

- *стінові* – цегла, блоки, керамічне каміння;
- *оздоблювальні* – плити і плитки для стін, підлог, фасадів, цоколю;
- *покрівельні* – черепиця;
- *заповнювачі для легких бетонів* – керамзит, аглопорит;
- *сантехнічні вироби*;
- *кислототривкі вироби* – цегла, плити, труби;
- *дорожня цегла*;
- *вогнетриви*.

*Сировиною* для виготовлення кераміки є різні глинясті породи, які утворилися внаслідок вивітрювання вивержених польовошпатних гірських порід і є природними водними алюмосилікатами, які при змішуванні з водою утворюють в'язко-пластичне тісто, яке після випалювання необоротно переходить у каменеподібний стан.

Основні мінерали:

- каолініт –  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ;
- монтморилоніт –  $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 11H_2O$ ;
- галуазит –  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$ .

У сировині можуть бути домішки, які суттєво впливають на властивості, це карбонати, оксиди заліза і кремнію, колоїдних органічних речовин. Для досягнення певних властивостей вводять спеціальні добавки:

- *спіснювальні* (для зменшення пластичності та усадки при сушінні і випалювання) – шамот, дегідратована глина, кварцовий пісок, доменний шлак, попіл;
- *плавні* (для зниження температури спікання та випалювання) – польовий шпат, залізна руда, доломіт, магнезит, тальк;
- *пороутворювальні* – при випалюванні виділяють газ (магнезит, доломіт, крейда) або вигоряють (тирса, зола, подрібнене вугілля);
- *пластифікуючі* (для покращення пластичності і формівності сировини) – високопластичні бентонітові глини.

Для покращення декоративних властивостей, збільшення водостійкості керамічні вироби покривають глазур'ю чи ангобом. *Глазур* наносять (у сирому вигляді чи сплавлену у вигляді фрити) на поверхню виробу і випалюють до розплаву на поверхні. Компоненти глазурі – кварцовий пісок, каолін, польовий шпат, оксиди, солі лужних металів. *Ангоб* виготовляють з білої чи кольорової глини, наносять на поверхню, випалюють (поверхня матова).

### **Властивості сировини**

*Пластичність* – основна властивість глини, залежить від гранулометричного складу, характеризується числом пластичності (високопластичні при ПІл понад 25%,

середньо пластичні при Пл = 15...25%, помірно пластичні Пл = 7...15%, мало пластичні Пл до 7%).

*Усадка* – зменшення розмірів в процесі сушіння (повітряна усадка – 2...12%) та випалювання (вогнева усадка – 2...8%).

*Вогнетривкість* глин: “О” – вогнетривкі понад 1580<sup>0</sup>С, “Т” – тугоплавкі 1350...1580<sup>0</sup>С, “Л” – легкоплавкі до 1350<sup>0</sup>С.

*Перехід глини у каменеподібний стан* (на прикладі каолініту  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ):

- $t > 100^{\circ}C$  – випаровується вільна вода;
- $t > 300^{\circ}C$  – вигоряють органічні речовини;
- $t > 450...600^{\circ}C$  – виводиться хімічно зв’язана вода і утворюється безводний мета каолініт  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ;
- $t > 700...800^{\circ}C$  – розклад на два оксиди  $Al_2O_3$  та  $SiO_2$ ;
- $t > 900^{\circ}C$  – утворюється штучний мінерал –  $3Al_2O_3 \cdot SiO_2$  – муліт (глина стає каменем, тобто набуває водостійкості, міцності, термостійкості). Випалювання цегли завершено;
- $t > 1000^{\circ}C$  – відбувається ущільнення і злипання черепка, водопоглинання такого матеріалу знижується до 4%;
- $t > 1200^{\circ}C$  –глина на поверхні плавиться, виріб деформується.

### **Технологія виготовлення**

#### *Основні етапи:*

1. *Видобування сировини* – у кар’єрах, в основному відкритим способом – екскаваторами.
2. *Підготовка сировини* – руйнування природної структури глин на дезінтеграторних вальцях, бігунах; введення добавок, зволоження до потрібної формівної вологості (у глинозмішувачах).
3. *Формування виробу* (сирець) виконують пластичним способом (на стрічкових вакуумних чи безвакуумних пресах), напівсухим (на гідравлічних чи механічних пресах) чи мокрим (шлікерним).
4. *Висушування* сформованих виробів у тунельних сушарках безперервної дії.
5. *Випалювання* у автоматичних тунельних печах.
6. *Обробка та пакування.*

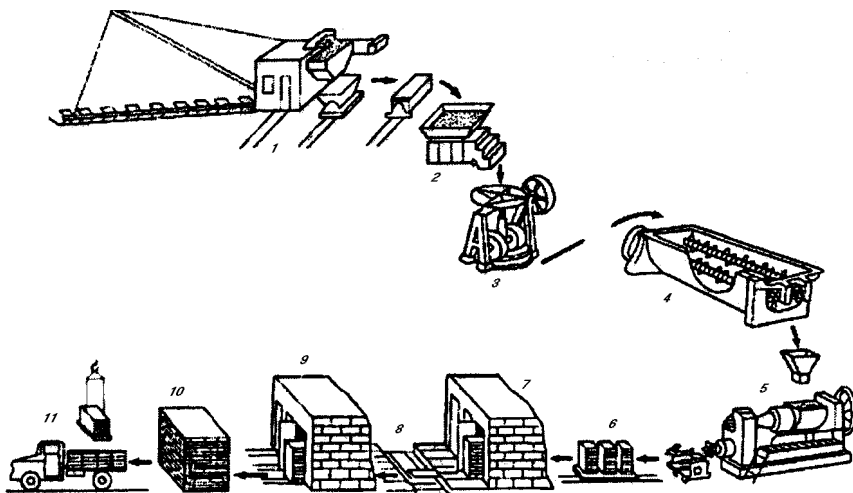


Рис. 3. Технологічна схема виготовлення керамічної цегли:

- 1 – багатоковшовий екскаватор з вагонетками для транспортування сировини; 2 – ящиківий дозатор; 3 – бігуни; 4 – змішувач; 5 – прес-екструдер з різальним апаратом; 6 – вагонетка-платформа з укладеним сирцем; 7 – тунельна сушарка; 8 – поворотне коло вузькоколійки; 9 – тунельна піч; 10 – склад готових виробів; 11 – транспортування виробів у контейнерах

### Стінові матеріали та вироби

*Цегла (суцільна та порожниста)* – застосовують для мурування зовнішніх та внутрішніх стін. Стандартні розміри 250x120x65мм, є ще потовщена, модульна. За міцністю поділяється на марки 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300. За морозостійкістю F15, 25, 35, 50. Порожниста цегла дає змогу зекономити сировину, знизити товщину стін, полегшити конструкцію, покращити теплоізоляцію тощо, проте її не застосовують для зведення фундаментів, цоколів, стін у вологих приміщеннях.

*Керамічне каміння* (має ті ж властивості) виготовляють порожнистим, розміри 250x120x138мм, 250x250x120 та ін.

*Збірні панелі для зовнішніх та внутрішніх стін, керамічні блоки* виготовляють у заводських умовах. Це прискорює процес будівництва, зменшує трудозатрати. Панелі виконують розмірами на кімнату, влаштовують теплоізоляційний шар (для панелей зовнішніх стін), армують спеціальними сітками чи каркасами, поверхню оздоблюють.

### Вироби для облицювання фасадів

*Лицьова цегла* (двошарова, ангобована, глазурована) виготовляється марок 300, 250, 200, 150, 125, 100, 75. Водопоглинання до 6%.

*Плитки глазуровані та неглазуровані, цокольні плитки, килимово-мозаїчні плитки* виготовляють високих марок за морозостійкістю (F35 і вище), водопоглинання до 5 %.

### **Плитки для внутрішніх робіт**

*Плитки для стін* – бувають майолікові та фаянсові. Товщина до 6 мм, форма, забарвлення та розміри – різні.

*Плитки для підлог* – глазуровані та неглазуровані. Товщина до 8...13 мм. Мають високу щільність, низьку стиранистість, високу ударну в'язкість, водопоглинання до 5%. Виготовляють з тугоплавких чи вогнетривких глин.

### **Спеціальні вироби**

*Черепиця* – пазова, плоска, хвиляста, конькова тощо. Морозостійкість F35 і вище, водопоглинання до 6%. Виготовляють з легкоплавких глин.

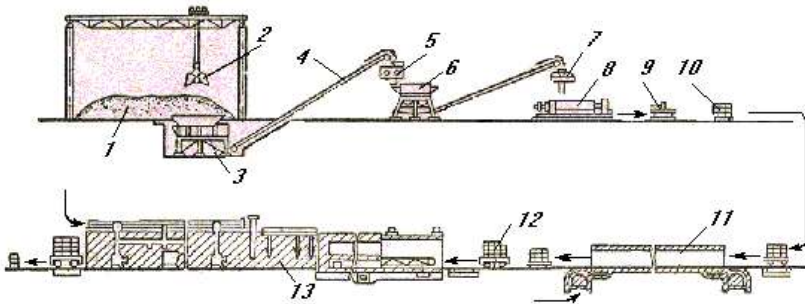


Рис. 4. Схема виготовлення стрічкової черепиці: 1 – склад глини; 2 – грейфер; 3 – ящиківий подавач; 4 – конвеєр; 5 – дезінтеграторні вальці; 6 – бігуни; 7 – вальці тонкого помелу; 8 – стрічковий вакуум-прес; 9 – різальний автомат; 10 – сушильні вагонетки; 11 – тунельна сушарка; 12 – пічна вагонетка; 13 – тунельна випалювальна піч

*Клінкер* – дорожня цегла, розміри 220x110x25, 220x110x78. Виготовляють з тугоплавких глин. Марки за міцністю 1000, 600, 400; за морозостійкістю F35, F50, F100. Застосовують для покриття підлог промислових будівель, облицювання каналізаційних колекторів, мостових опор.

*Дренажні труби* виготовляють з високопластичних глин. Форма їх циліндрична, 6-ти і 8-ми гранна, діаметром 25...250мм, завдовжки 333-500мм. Застосовують для меліорації, осушення, водовідведення.

*Каналізаційні керамічні труби* застосовують для безнапірної каналізаційної мережі побутових, дощових, промстоків. Виготовляють з тугоплавких і вогнетривких глин із знежирюючими добавками пластичним способом, покривають кислототривкою глазур'ю. Діаметр 150...600мм. Довжина 1000, 1500мм.

*Кислототривкі вироби* – цегла, плитки, труби – мають високу міцність (15...40МПа), кислототривкість до 96%, водопоглинання до 6%.

*Сантехнічна кераміка* – ванни, раковини, унітази, змивні бачки тощо, виготовляється шлікерним способом з біло випалюваних глин, глазурується.

*Вогнетриви* виготовляють з кремнеземистих, алюмосилікатних, магнезійних, хромистих матеріалів для промислових печей, топок, агрегатів високих температур.

*Керамзит* – пористий гранульований матеріал ніздрюватої будови з закритими дрібними порами. Отримують випалюванням легкоплавкої глини з одночасним її спученням. Хороший заповнювач для легких бетонів, теплоізоляційний матеріал.

#### **Тема 4. СКЛО, СИТАЛИ, ВИРОБИ З КАМ'ЯНОГО ЛИТВА**

1. Матеріали та вироби на основі скляних розплавів.
  - Скло та його властивості.
  - Технологія виробництва скла.
  - Види скла та вироби з нього.
2. Матеріали та вироби зі шлакових розплавів.
3. Матеріали та вироби з кам'яного литва.
4. Ситали.
5. Шлакоситали.

Всі мінеральні розплави в залежності від вихідної сировини поділяються на скляні розплави, кам'яні розплави, шлакові розплави, ситали та шлакоситали.

Скло – це всі аморфні тіла, отримані переохолодженням розплавів, незалежно від їх складу та термічної області твердіння. Внаслідок поступового наростання в'язкості вони набувають механічних властивостей твердих тіл, причому, процес переходу з рідкого стану у склоподібний є оборотним.

*Густина* скла, залежно від його складу, становить 2,2...8,0 г/см<sup>3</sup>, *твердість* 5...7, *міцність* при розтягу 35...100МПа, при стиску 500...2000МПа, при вигині 0,36...1,7МПа. *Термостійкість* скла залежить від хімічного складу, товщини виробів (для виробів завтовшки 2 мм – 100°C; для 5 мм – 80°C) та коефіцієнту лінійного розширення. *Звукоізоляційна* здатність скла достатня, наприклад скло завтовшки 1 мм за своєю звукоізоляцією рівноцінне цегляній кладці в півцегли. Оптичні властивості (світло пропускання, світло відбиття, світлорозсіювання) скла характеризуються *прозорістю*. Світло пропускання визначається коефіцієнтом пропускання, що дорівнює відношенню кількості світлової енергії, що пройшла крізь скло до повної світлової енергії; він вимірюється у % і залежить від виду скла, кута падіння променів. Головний недолік скла – *крихкість*, тобто відсутність пластичних деформацій.

## **Технологія виготовлення скла**

Першим етапом є приготування вихідної сировини (основна сировина – кварцові піски, вапняк, крейда, доломіт, вугілля, сульфат натрію чи кальцинована сода), а саме, підсушування та очистка піску від домішок, виділення крупніших фракцій щебеню, гравію; подрібнення та підсушування крейди, доломіту, розмелювання вугілля. Далі сировина дозується за масою у спеціальних бункерах і подається у змішувач для приготування шихти.

Наступним етапом є скловаріння. Він відбувається у ванних печах безперервної дії при температурі 1100...1200°C. Спочатку шихта плавиться, вариться, витримується при цій же температурі до повного виділення всіх домішок, які з піною спливають на поверхню розплаву. Одночасно відбувається процес освітлення та видалення бульбашок газу і повітря.

Подальшим є процес формування зі скломаси виробів. З розплавленої маси машинами вертикального і горизонтального типу витягують стрічку скла, пропускають між валками машини, охолоджують, відпалюють для зниження крихкості. Листове скло отримують методом безперервного прокату.

Застосовують так званий флюат-спосіб (спосіб плаваючої стрічки)-формування стрічки скла відбувається на поверхні розплавленого металу (олова), тому нижня поверхня скла є рівною, гладкою і не потребує полірування.

## **Види скла та скловироби**

*Листове віконне скло* – найпоширеніший вид плоского скла. Випускають розмірами 2200x1600мм, завтовшки 2...6 мм. Світло пропускання 85...90% в залежності від товщини.

*Візерунчасте* скло виготовляють методом безперервного прокату. Візерунок з одного (світло пропускання не менше 75%) чи з обох боків (світло пропускання не менше 65%). Розміри скла завтовшки 3,5; 5мм - (600...1600)x(400...1200), завтовшки 6; 7мм - (1000...2500)x(800...1600).

*Армоване скло* отримують методом безперервного прокату з одночасним закачуванням всередину листа металевої сітки. Вогнестійкість до 1...3 годин. При руйнуванні арматурна сітка утримує осколки і вони не розлітаються. Світло пропускання не менше 60%. Розміри скла завтовшки 5,5; 6мм - (800...2000)x(400...1600). Застосовують для застелення ліхтарів верхнього світла, вікон, перегородок, огороження балконів, сходових кліток. Встановлюють скло на еластичних прокладках, з морозостійкої гуми, на нетверднучих мастиках.

*Вітринне поліроване* скло виготовляють способом вертикального витягування. Світло пропускання понад 84%. Розміри скла завтовшки 6,5мм - (2200...3950)x(1950...2950).

*Вітринне поліроване* скло виготовляють флюат-способом. Світло пропускання понад 87%. Товщина 5,5; 6,5мм, розміри від 1380x1340 до 2950x2950.

*Профільне будівельне скло (склопрофільт)* елементи швелерного та коробчатого перерізу. Формуються на горизонтальних прокатних установках у вигляді безкінечної стрічки, яку ріжуть на відрізки завдовжки 6 м. Застосовують для

влаштування світло пропускаячих самонесучих стін, внутрішніх перегородок, прозорих плоских покрівель. Шви між складеталями заповнюють герметиками.

*Склоблоки* – вироби, що складаються з двох пресованих напівблоків, зварених по периметру. Всередині блоку – розріджене повітря. Фактура різноманітна. Коефіцієнт теплопровідності становить 0,4 Вт/мК. Звукоізоляційна здатність 35...40дБ. Термостійкість 30...50°C, вогнестійкість 2...4 години. Є 3 види блоків – прямокутні, квадратні, кутові. Світло пропускання  $\geq 50...65\%$ , для кольорових склоблоків 35...40%. Застосовують для створення світлопрозорих огорожень у житлових, промислових та громадських будівлях, для сходових кліток.

*Склопакети* – поєднуються 2 або 3 листи скла, герметично з'єднаних між собою по периметру. Порожнина заповнена сухим повітрям. Виготовляють з віконного, вітринного, візерунчастого та інших видів скла. Товщина 2...8 мм. Між стінками 15...20мм. Світло пропускання 30...70% в залежності від виду скла.

*Дверні полотна* – виготовляють з потовщеного полірованого, неполірованого, прокатного, візерунчастого скла після термообробки. Світло пропускання 60...84%. Розміри полотен 2600x1040x15 (20), 2400x900x10мм.

*Скляна килимово-мозаїчна плитка* – випускається методом безперервного прокату. Наклеюється лицьовим боком на допоміжний папір у вигляді килима. Поверхня плиток матова або глянцева. Розміри 15x15, 25x25, 30x30, товщина 3 – 5мм. Застосовують для оздоблення стінових панелей, внутрішнього оздоблення.

*Облицювальна плитка* – виготовляється з незабарвленого чи кольорового глушеного скла безперервним прокатуванням чи пресуванням розмірами 50x50 ... 150x150мм, завтовшки 4, 5, 6мм. З відходів кольорового чи візерунчастого скла виготовляють емальовану плитку, розрізаючи його на формати 100x100 ... 200x200 мм та покриваючи одну сторону емаллю. Випалювання при температурі 700...800°C, при якій емаль спікається зі склом. Для цих плиток характерна висока хімічна стійкість.

*Стемаліт* – листове скло різної фактури, одна сторона якого покрита глухими силікатними фарбами. Товщина 5...9мм. Виготовляють із загартованого неполірованого вітринного скла. Має високу стійкість щодо атмосферних впливів, постійний колір, високу міцність та термостійкість. Застосовують для зовнішніх та внутрішніх оздоблень будівель, для виготовлення багатшарових навісних панелей, для огороження сходових кліток, лоджій.

*Смальта* – кольорове глушене скло у вигляді невеликих шматків розмірами 130...150мм. Застосовують для виготовлення декоративних панно, мозаїки. Кріпиться до поверхні мастиками або цементними розчинами.

*Скляні труби* – застосовують для харчової, хімічної фармацевтичної промисловості. Вони прозорі, гігієнічні, гладка поверхня, хімічно стійкі. Виготовляють відцентровим методом чи методом горизонтального та вертикального витягування. Довжина труб 1500...3000мм, діаметр 40...200мм. Робочі температури 40...80°C.

*Сигран* – склокристалічний матеріал завтовшки 15 мм, виготовляють методом пресування скломаси у плитки. Поверхня сиграну імітує граніт. Лицьову поверхню полірують, шліфують.

*Скляна крихта* – зерна 0,4...10мм – застосовують для декоративного оздоблення фасадів громадських будівель.

*Скловолокно* витягують у вигляді тонких ниток із розплавленої скломаси. Кислотостійкість 95...98%, температуростійкість 600...1500<sup>0</sup>С.

### **Матеріали та вироби зі шлакових розплавів**

*Шлаки* – побічний продукт металургії. Вогненно рідкий шлак – цінна сировина для отримання різних матеріалів та виробів. Основа їх – оксиди *CaO*, *SiO<sub>2</sub>*, *Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*, *MgO*, *FeO*. Залежно від вмісту тих чи інших оксидів шлаки поділяються на основні, нейтральні, кислі. За видом виплавлюваного металу шлаки: доменні, сталеплавильні, феросплавні, вагранкові. Шлаки переробляють на продукцію будівельного призначення у вогненно рідкому стані або у твердому стані. Найпоширеніший спосіб – швидке охолодження вогненно рідкого шлаку водою з отриманням гранульованого матеріалу склоподібної структури.

*Гранульований шлак* розмірами до 10мм отримують трьома способами: *мокрим* (розплав подається у басейн з водою, вологість 25...30%), *напівсухимгранулюванням* (шлаковий розплав з невеликою кількістю води відлежується на площадці до вологості 10...15%), *сухим гранулюванням* (розплав та вода в невеликій кількості, яка відразу ж випаровується).

*Шлакова пемза* – ніздруватий пористий матеріал, отримується спученням парами води розплавленого шлаку при швидкому охолодженні. Марки 400...900 (за середньою густиною). Застосовується як заповнювач для шлакобетонів.

*Шлаковий щебінь* отримують подрібненням відвальних шлаків або спеціальною водотермічною обробкою шлакових розплавів (литий щебінь). Застосовують для дорожнього будівництва, як заповнювач для бетону, для виготовлення шлаковати.

*Шлакове литво* має високу зносостійкість та жаростійкість, лугостійкість, стійкість до дії морської води та атмосферних забруднень. Застосовують у вигляді поштучного каміння для доріг, плит для підлог промислових будівель, бордюрного каміння, дорожніх плит, тубінгів, труб, фасонних виробів, металошлакових труб (двошарових труб – зовні метал, зсередини – шлакове покриття).

*Шлаковата* – матеріал, що складається з найтонших волокон, отриманих з розплавлених вогненно рідких шлаків. Розплав при температурі 1200...1400<sup>0</sup>С роздувається потоком пари на тонкі нитки, які у камері осадження подаються конвеєром на охолодження і виготовлення матів. Шар шлаковати вирівнюють, обклеюють папером чи картоном, ріжуть на шматки потрібної величини. Середня густина 250...300 кг/м<sup>3</sup>, коефіцієнт теплопровідності 0,05 Вт/мК.

### **Матеріали та вироби з кам'яного литва**

*Литі кам'яні вироби* – це штучний силікатний кам'яний матеріал. Сировиною для виготовлення кам'яного литва є діабаз, базальт, доломіт, крейда. Вироби з кам'яного литва виготовляють за такими етапами:

- підготовка сировини;
- плавлення при температурі 1400...1500<sup>0</sup>С;
- відливання;
- кристалізація при температурі 800...900<sup>0</sup>С;
- відпалювання (повільне охолодження для зменшення крихкості).

Залежно від структури бувають ніздрюватими, щільними, волокнистими. Щільні мають пористість до 2%, водопоглинання до 0,22%, морозостійкість F500, кислотостійкість 99%, лугостійкість 91%, стиранність до 0,04г/см<sup>3</sup> (в 5 разів менше, ніж у граніту); міцність при стиску 300МПа; діелектричні, робоча температура до 900<sup>0</sup>С, густина 3 г/см<sup>3</sup>. Застосовують для облицювання технологічних апаратів, вузлів, які працюють у важких умовах, для футерування бункерів, апаратів з агресивним середовищем, підлог в цехах з агресивним середовищем, на хімічних заводах – як футерівку правильних ванн, відстійників.

*Мінеральну вату* отримують методом дуття чи відцентровим методом з розплавів волокна. Це хороший теплоізоляційний матеріал, коефіцієнт теплопровідності 0,042 Вт/мК, густина 75...150кг/м<sup>3</sup>, робоча температура від –200 до +1000<sup>0</sup>С. з мінеральної вати отримують шнури, мати, плити мінераловатні, гранульовану вату.

### **Ситали**

*Ситали* – це склокристалічний матеріал, отриманий зі скла в результаті повної або часткової його кристалізації. Колір – темний, коричневий, сірий; прозорі або глухі (непрозорі). Міцність при стиску 500МПа. Діелектрик, теплостійкий, хімічно стійкий довговічний. Виготовляється за тією ж технологією, що і скло, проте є ще додаткова термообробка скла у кристалізаторі (з аморфного стану скло переходить у склокристалічний стан). Застосовують ситали як облицювальний матеріал, для футерування резервуарів хімічної промисловості, виготовляють труби, покрівлі.

### **Шлакоситали**

*Шлакоситали* – склокристалічний матеріал. Сировина (шихта) – гранульований доменний шлак, кварцовий пісок, каталізатор кристалізації. Технологія виготовлення: отримання шлакового скла; формування виробів; термообробка виробів для надання кристалічної будови. Міцність при стиску 600МПа. Стиранність 0,03г/см<sup>2</sup>. Кислотостійкість 99%, лугостійкість 80%. Робоча температура до 750<sup>0</sup>С. Застосовують для влаштування підлог у промислових цехах, декоративного і захисного облицювання зовнішніх та внутрішніх стін, цоколів, футерування конструкцій, що працюють у агресивних чи абразивних середовищах. Виготовляють плити завтовшки 15мм розмірами 100x100 ... 1500x3000мм, труби діаметром до 500мм.

## Тема 5. НЕОРГАНІЧНІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ

1. Класифікація неорганічних в'язучих.
2. Повітряні в'язучі. Гіпс, властивості гіпсу. Повітряне будівельне вапно, виготовлення, гашення, твердіння. Види та використання повітряного вапна. Вапняно-шлакові та вапняно-пуцоланові в'язучі речовини.
3. Гідралічні в'язучі. Гідралічне вапно та романцемент. Портландцемент. Виготовлення цементу. Мінералогічний склад та його вплив на властивості цементу. Твердіння, структура та властивості цементного каменю. Корозія.
4. Спеціальні види цементів.
5. В'язучі речовини автоклавного твердіння.

Неорганічні будівельні в'язучі речовини – це порошкоподібні матеріали, які при замішуванні з водою утворюють пластично-в'язке тісто, здатне внаслідок фізико-хімічних процесів самочинно тужавіти, тверднути і переходити в каменеподібний стан.

### Класифікація в'язучих речовин

*Повітряні в'язучі* – характеризуються тим, що при замішуванні з водою тверднуть, довго зберігають і підвищують свою міцність лише на повітрі. Їх застосовують лише у надземних спорудах, які не зазнають впливу води. До них належать гіпсові в'язучі, магнезіальні в'язучі, рідке (розчинне) скло, повітряне будівельне вапно.

*Гідралічні в'язучі* після замішування з водою тверднуть, зберігають свою міцність не лише на повітрі, а і у воді. Їх застосовують у наземних, підземних, гідротехнічних та інших спорудах, які зазнають впливу води. До них належить портландцемент і його різновиди, пуцоланові, шлакові в'язучі, романцемент, гідралічне вапно, спеціальні цементи.

*В'язучі автоклавного твердіння* ефективно тверднуть лише при тиску насиченої пари 0,8...1,6МПа і вище і при температурі 170...200°C. До цієї групи відносяться вапняно-кремнеземисті, вапняно-зольні, вапняно-шлакові, вапняно-нефелінові в'язучі.

### Сировина

Сировиною для виготовлення неорганічних в'язучих речовин є гірські породи та побічні продукти промисловості:

- *сульфатні* – гіпс, ангідрит;
- *карбонатні* – вапняк, крейда, вапняковий туф, вапняк-черепашник, доломіти, магнезити;
- *мергелистні* – вапнякові мергелі; *алюмосилікатні* – нефеліни, глини, глинясті сланці;

- *високо глиноземисті* – боксити, корунди;
- *кремнеземисті* – кварцовий пісок, траси, вулканічний пісок, вулканічний попіл, діатоміт, трепел, опока;
- *побічні продукти промисловості* – золи ТЕС; металургійні шлаки, спец добавки.

### Повітряні в'язучі речовини

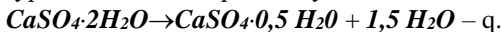
*Гіпсові в'язучі речовини* поділяються на 2 групи – низьковипалювані та високовипалювані.

*Низьковипалювані* гіпсові в'язучі речовини отримують при нагріванні двоводного природного гіпсу до температури 150...160°C, при цьому відбувається часткова дегідратація з переходом його у напівводний гіпс. До цієї групи в'язучих речовин відноситься будівельний гіпс, високоміцний гіпс.

*Високо випалювані* гіпсові в'язучі речовини отримують випалюванням двоводного гіпсу при високих температурах – 700...900°C, при цьому двоводний гіпс повністю втрачає воду і перетворюється на ангідрит. До високовипалюваних належать такі в'язучі речовини: ангідритовий цемент, естрих-гіпс.

### Будівельний гіпс

*Будівельний гіпс* – це повітряна в'язуча речовина, що складається переважно з напівводного гіпсу, отримана шляхом термічної обробки гіпсового каменю при температурі 150...160°C. При цьому гіпсовий камінь дегідратує за реакцією:



*Технологія виготовлення* будівельного гіпсу включає такі операції: подрібнення сировини, помел, просушування, теплообробка (у варильних казанах, печах) при температурі 150...160°C.

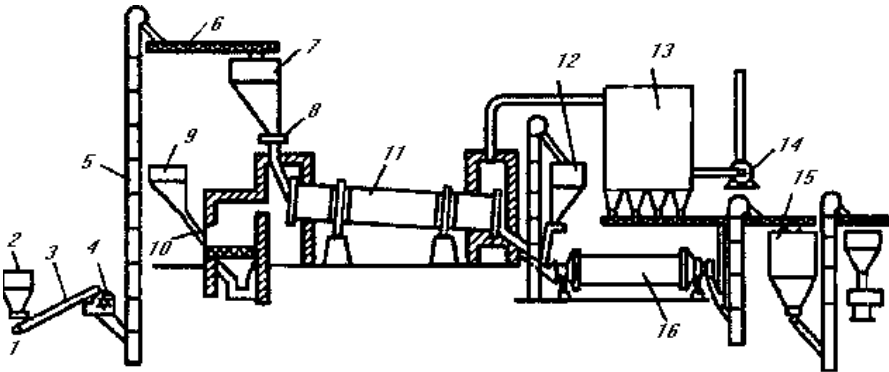
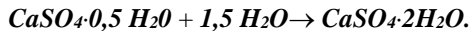


Рис. 5. Технологічна схема виробництва будівельного гіпсу в обертових печах (сушильних барабанах): 1 – лотковий живильник; 2 – бункер гіпсового каменю; 3 – стрічковий конвеєр; 4 – молоткова дробарка; 5 – елеватор; 6 – шнек; 7 – бункер гіпсового щебеню; 8 – тарілчастий живильник; 9 – бункер вугілля; 10 – топка; 11 –

обертова піч; 12 – бункер випаленого щебеню; 13 – пилоосаджувальна камера; 14 – вентилятор; 15 – бункер гіпсу; 16 – млин

*Твердіння* будівельного гіпсу полягає в тому, що при замішуванні з водою в'язуча речовина утворює пластичне тісто, яке пізніше перетворюється у каменеподібне тіло з певною міцністю. Це перетворення відбувається не відразу, а поступово і зумовлюється певними хімічними та фізичними процесами. Основна реакція при твердінні будівельного гіпсу ґрунтується на приєднанні води та утворенні двоводного сульфату кальцію:



Твердіння і набування міцності будівельного гіпсу пояснюється зростанням найменших (колоїдних розмірів) малорозчинних кристаликів двогідрату гіпсу у процесі утворення їх з розчину при сильному перенасиченні. Теорію твердіння розробив Байков В.Н., який вважає, що є 3 етапи твердіння: 1 – підготовчий – утворення розчину, насиченого відносно продуктів гідратації; 2 – період колоїдації /тужавлення/ - перехід новоутворень у розчин у гелеподібному вигляді (минаючи розчинення); 3 – період кристалізації /твердіння/, перекристалізація колоїдних часточок у великі кристали і утворення зростка. Процес твердіння можна прискорити підвищенням температури, але не більше за 65<sup>0</sup>С, щоб не відбулося повторної дегідратації; інший шлях – можна зменшити кількість води для замішування, додати пластифікуючі добавки, покращити ущільнення.

*Основні властивості будівельного гіпсу:* тонкість помелу, водопотреба, водостійкість, строки тужавлення, марка, міцність при стиску, вигині, розтягу.

*Тонкість помелу* характеризується масою гіпсової в'язучої речовини (% від пробки не меншої за 50г), яка лишається внаслідок просіювання на ситі з вічками 0,2мм. За тонкістю помелу гіпс поділяється на такі гатунки (ступені): I – грубий помел (залишок до 23%); II – середній помел (залишок до 14%); III – тонкий помел – залишок до 2%.

*Водопотреба* визначається кількістю води, потрібною (у % до маси в'язучої речовини) для приготування гіпсового тіста стандартної консистенції (діаметр розпливу коржика на віскозиметрі Сутгарда 120±5мм).

*Строки тужавлення* гіпсових в'язучих визначаються за приладом Віка, обладнаним голкою. Гіпс, як правило, є швидко тужавіючою та швидко тверднучою речовиною. За термінами тужавлення гіпсові в'язучі речовини поділяються на *швидко тужавіючі* (індекс А) – початок тужавлення через 2 хв. після замішування, а закінчення тужавлення через 15 хв.; *нормально тужавіючі* (індекс Б) – час тужавлення: початок до 6 хв., закінчення – 30 хв.; *повільно тужавіючі* (індекс В) – початок тужавлення не раніше, як через 30 хв., закінчення не нормується. Початком тужавлення вважають той час, коли голка приладу Віка не сягає дна на 5...7 мм; закінченням тужавлення є той час, коли голка занурюється у гіпсове тісто лише на 5...7мм.

*Міцність гіпсу* визначається випробуванням балочок розмірами 40x40x160мм, виготовлених з гіпсового тіста стандартної консистенції після двогодинного твердіння. Залежно від границі міцності при стисканні гіпс поділяється на марки від Г-2 до Г-25.

При маркуванні гіпсу подають інформацію про всі властивості. Наприклад, Г-5-А-II – означає гіпс марки 5, швидко тверднучий, середнього помелу; Г-10-А-III – гіпс марки 10, швидко тверднучий тонкого помелу.

При твердінні гіпс розширюється. Його об'єм зростає на 1%, тому гіпсові відливки добре заповнюють форму. При висиханні тріщин не утворюється, тому заповнювач не застосовується. У воді міцність гіпсу втрачається. Водостійкість можна підвищити шляхом введення гідрофобних речовин або меленого гранульованого шлаку, вапна, портландцементу.

Застосування гіпсу:

- гіпсова штукатурка,
- стінові плити і панелі для стін та перегородок,
- вентиляційні коробки (застосовують лише при вологості до 65%),
- декоративні, оздоблювальні вироби;
- для виготовлення штучного мармуру.

*Високоміцний гіпс* – різновид півводного гіпсу. При нагріванні природного гіпсу парую при тиску 0,13 МПа і температурі 124<sup>0</sup>С протягом 5 годин і при сушінні при температурі 140...160<sup>0</sup>С отримується півводний гіпс  $\alpha$ -модифікації. При цьому утворюються білі кристалики з водопотребою 40...45%, що дає змогу отримати міцніший гіпс. Випускають у обмеженій кількості. Застосовують у металургійній промисловості для виготовлення форм.

*Формівний гіпс* – це різновид будівельного гіпсу з тоншим помелом і вищою міцністю. Складається з  $\beta$ -півгідрату. Тонкість помелу – до 2,5%. Термін тужавлення: початок через 5 хв., закінчення через 10...25 хв. Використання – для виготовлення форм, моделей, виробів для будівельної, керамічної, машинобудівної промисловості.

### **Магнезіальні в'язучі**

Магнезіальні – це в'язучі у вигляді тонко подрібнених порошоків, головною складовою частиною яких є оксид магнію. Сировиною для їх виготовлення є магнезит, часом доломіт. Випалювання  $MgCO_3$  відбувається при температурі 750...850<sup>0</sup>С до повного розкладу:



Магнезіальні в'язучі речовини замішують водним розчином хлориду магнію чи інших солей магнію. Це прискорює твердіння і підвищує міцність. Якщо замішувати водою, то процес гідратації відбувається дуже повільно.

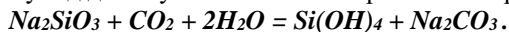
Магнезіальні в'язучі речовини мають хорошу міцність, добре зчіплюються з органічними заповнювачами. Їх застосовують для виробництва *ксилоліту* (заповнювач - тирса), який застосовується для влаштування безшовних підлог та виготовлення облицювальних плиток, *фіброліту* (заповнювач – деревна шерсть), що є хорошим теплоізоляційним матеріалом.

### **Рідке скло**

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

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

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



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

### **Кислототривкий кварцовий цемент**

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

### **Ангідритові в'язучі**

*Ангідритовий цемент* отримують випалюванням природного двоводного гіпсу при температурі 600...700<sup>0</sup>С з подальшим подрібненням разом з каталізатором твердіння або помелом ангідриту разом з добавками (вапно, випалений доломіт, доменний шлак, залізний і мідний купорос, сульфат натрію). Ангідритовий цемент повільно тужавіє (початок через 30 хв., кінець – за 24 год.). Застосовують у розчинах

для кладки, штукатурки, у бетонах, для виготовлення теплоізоляційних матеріалів, штучного мармуру та інших декоративних виробів.

*Естрих-гіпс* – різновид ангідритових цементів. Отримують випалом природного гіпсу чи ангідриту при температурі 800...1000°C і тонким помелом. При цьому випалюванні відбувається повне зневоднення і розкладання до  $CaO$ :



Застосовують естрих-гіпс для мурувальних та штукатурних розчинів, мозаїчних підлог, виготовлення штучного мармуру. Вироби з високо випалювального гіпсу мало тепло- і звукопровідні, з високою морозостійкістю, водостійкістю, меншими пластичними деформаціями, ніж у будівельного гіпсу.

### Повітряне будівельне вапно

*Повітряне будівельне вапно* – продукт випалювання при температурі 1000...1200°C кальцієво-магнієвих гірських порід – вапняку, крейди, черепашнику, доломіту, з вмістом глинистих домішок до 6%. Основний процес у виробництві вапна – випалювання, при якому вапняк декарбонізується і перетворюється на вапно:



Ця реакція оборотна і залежить від температури, тиску.

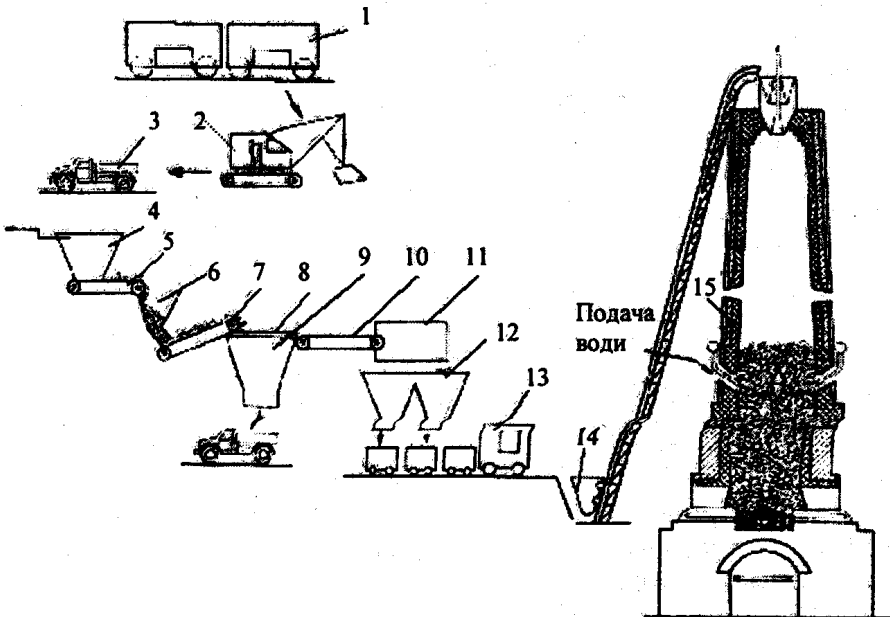


Рис. 6. Технологічна схема виробництва грудкового негашеного вапна:  
1 – вагони з вапняком; 2 – екскаватор; 3 – автосамоскид; 4, 9, 12 – бункери;  
5 – живильник; 6 – цокова дробарка; 7, 10 – конвеєри; 8 – сито;  
11 – циліндричне сито; 13 – вагонетки; 14 – піднімач; 15 – шахтна піч

При випалюванні з вапняку виділяється вуглекислий газ (44% від маси), об'єм зменшується на 10%, тому грудкувате вапно має пористу структуру. Процес випалювання може проходити у

- шахтних печах,
- обертових печах з “киплячим шаром”,
- циклонно-вихрових печах у завислому стані,
- на рухомих агломераційних решітках.

Як паливо застосовують вугілля, мазут, газ. Важливою є якість випалювання вапна. Недопалювання і перепалювання різко знижує якість вапна. Особливо небезпечним є перепалювання (перепалені зерна повільно гасяться, часом уже в структурі тверднучого розчину, об'єм їх збільшується, утворюються тріщини у штукатурці чи інших виробках). Крім  $\text{CaCO}_3$  у породі ще є і  $\text{MgCO}_3$ , який при випалюванні дисоціює:



Залежно від вмісту  $\text{MgO}$  розрізняють вапно

- кальцієве ( $\text{MgO}$  до 5%),
- магнезійне ( $\text{MgO}$  від 5 до 20%),
- високо магнезійне чи доломітове ( $\text{MgO}$  20...40%).

Вміст чистих оксидів  $\text{CaO}$  та  $\text{MgO}$  у загальній кількості вапна характеризує його *активність*. Після випалювання утворюється грудкувате *негашене вапно* – “вапно-кипілку”, яке подрібнюють і отримують *мелене негашене вапно* або гасять його водою і отримують *гашене вапно*.

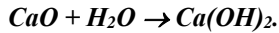
### **Вапно-кипілка**

*Кіпілка* – мелене негашене вапно (вперше у 30-х роках запропонували Смірнов, Осін). Подібно до твердіння портландцементу чи гіпсу може відбуватись гідратне твердіння вапна при реакції з водою. При приготуванні розчинів чи бетонів використовують усе вапно – разом з відходами непогашених зерен. Позитивним при цьому є менша водопотреба, ніж для гашеного вапна, це дає змогу підвищити міцність виробів, збільшити щільність, водостійкість, довговічність. Для підвищення швидкості твердіння розчинів на кипілці додають  $\text{HCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ , знижують витрату води і, навпаки, для сповільнення твердіння додають сульфат натрію, сульфітно-дріжджову бражку, збільшують водовитрати. Недоліком є те, що “вапно-кипілка” пилить, що шкодить здоров'ю. Залежно від активності поділяють на 3 гатунки: I – 90%, II – 80%, III – 70%. Мелене негашене вапно перевозять у металевих контейнерах чи паперових бітумінованих мішках. Зберігають у сухих складах не довше 10...16 діб, бо продукт поглинає вологу з повітря і в'язучі властивості знижуються.

Застосовують для мурувальних, оздоблюваних розчинів, для виготовлення поштучних бетонних виробів, силкатної цегли та інших виробів автоклавного твердіння.

### **Гашене повітряне будівельне вапно**

Процес *погашення* протікає за реакцією:



Під час погашення на 1 кг грудкуватого вапна використовують 1 л води. При цьому утворюється тонкий пухкий порошок – гідратне або гашене вапно, яке збільшується у об'ємі в 2...3,5 рази – розпушується, тому називається “пушонка”. Насипна густина пушонки 400...450 кг/м<sup>3</sup>. Якщо на 1 кг грудкуватого вапна використати 2...3 л води, то після погашення отримується вапняне тісто, що має близько 50% води за масою. В залежності від швидкості гашення вапно поділяється на 3 види:

- швидкозагашуване (час гашення до 8 хв.),
- середньозагашуване (до 25 хв.),
- повільнозагашуване – час гашення перевищує 25 хв.

На швидкість гашення впливає розмір грудок і температура (зі зростанням температури процес швидшає). Особливо швидко цей процес відбувається при гасінні вапна парою при підвищеному тиску в закритих барабанах або спеціальних машинах-гідраторах, де грудкувате вапно мелеться, переміщується з водою до вапняного молока, яке відстоюється з утворенням вапняного тіста. Використовувати вапняне тісто з великою кількістю непогашених зерен не можна, бо вони можуть погаситись у конструкції і це призведе до розтріскування. На будівельних майданчиках вапно гасять у *травильних ящиках*, вапняне молоко зливають у *гасильні ями*, де воно знаходиться не менше 2-х тижнів для повного погашення.

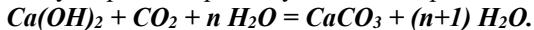
### Твердіння вапна

Залежно від виду вапна, умов, у яких відбувається процес твердіння, розрізняють 3 види: *карбонатне, гідратне, гідросилікатне*.

*Карбонатне твердіння* вапняних розчинів і бетонів на гашеному вапні при звичайних температурах включає 2 паралельних процеси:

I – випаровування механічно перемішаної води, поступова кристалізація гідрату окису кальцію з насиченого водного розчину. Процес кристалізації гідрату окису кальцію (дуже повільний процес). Випаровування води викликає злипання кристалів  $\text{Ca(OH)}_2$ . Ці кристали утворюють вапняний каркас навколо піску. Кристалізація зростає при збільшенні інтенсивності випаровування води, тому для твердіння необхідно: плюсова температура, невисока вологість повітря.

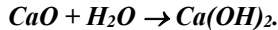
II – процес утворення карбонату кальцію за реакцією:



Утворення  $\text{CaCO}_3$  відбувається швидко на повітрі і при підвищеній вологості. На поверхні утворюється плівка  $\text{CaCO}_3$  і у внутрішні шари  $\text{CO}_2$  не поступає, тому процес утворення  $\text{CaCO}_3$  у внутрішніх шарах сповільнюється і дещо призупиняється. Чисте вапняне тісто через сильну усадку при висиханні розтріскується, тому додають пісок у кількості 3...5 частин за об'ємом. Міцність вапняних розчинів не висока. Для прискорення процесу карбонізації вводять добавки (меляса – в кількості 0,2% від кількості вапна).

### Гідратне твердіння

Цей процес полягає у поступовому переході у тверде каменеподібне тіло вапняних сумішей на меленому негашеному вапні в результаті взаємодії вапна з водою і утворенням гідрату окису кальцію:



Спочатку відбувається розчинення у воді негашеного меленого вапна з утворенням насиченого розчину, який швидко стає перенасиченим. Вода всмоктується всередину зерен, саме тією частиною, що не погашена. Утворюється колоїдна маса, яка коагулює в гідрогель, склеює зерна. Пізніше вода випаровується і ще всмоктується внутрішніми шарами зерен – гідрогель ущільнюється, міцність наростає. Відбувається кристалізація  $\text{Ca(OH)}_2$  в умовах тужавлення вапна, яке гаситься. Далі відбувається карбонізація  $\text{Ca(OH)}_2$ , що також збільшує міцність затверділого розчину. Умови, що сприяють гідратному твердінню:

- відведення теплоти,
- використання форм, які не допускають збільшення об'єму тверднучого розчину,
- введення добавок – сповільнювачів процесу гідратації вапна (СДБ),
- вапно має бути рівномірно випаленим, тонко подрібненим.

#### *Гідросилікатне твердіння*

Таке твердіння характерне для теплообробки у автоклавах (тиск 0,8...1,6МПа, температура 175...200<sup>0</sup>С), при цьому відбувається реакція між вапном і кремнеземом піску з утворенням гідросилікатів кальцію, які забезпечують високу міцність і довговічність каменю. Цей спосіб запропонований у 1880 році В.Міхаелісом і покладений в основу виробництва силікатної цегли:



#### **Гідравлічні в'яжучі**

Характеристикою гідравлічних в'яжучих є гідравлічний чи основний модуль, який набуває значень від 1,7 до 9,0 і визначається за співвідношенням:

$$m = \frac{\% \text{CaO}}{\% (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)}.$$

Слабогідравлічне вапно має  $m = 4,5...9,0$ , сильногідравлічне вапно –  $m = 1,7...4,5$ . Якщо  $m = 1,1...1,7$ , то продукт випалу – романцемент, а коли  $m = 9$  і більше, то це повітряне вапно.

*Гідравлічне вапно* – продукт випалювання при температурі 900...1100<sup>0</sup>С (не доводячи до спікання) мергелистих вапняків, які містять 6...20% глинистих домішок. У процесі випалювання мергелистих вапняків при розкладанні  $\text{CaCO}_3$  утворюється  $\text{CaO}$ , який з'єднується з окислами  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , що містяться в глині, утворюючи силікати  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ , алюмінати  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ , ферити кальцію  $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ , які можуть тверднути не лише на повітрі, а й у воді (після 7 діб). У вільному стані СаО також є у вапні, цей оксид загашується як повітряне вапно.

Гідравлічне вапно використовують у тонкомеленому вигляді для виготовлення будівельних розчинів, бетонів низьких марок. Розчини ці не такі

пластичні, як на повітряному вапні, тверднуть швидше, рівномірно по всій товщині, мають кращу міцність. Зберігають і перевозять гідравлічне вапно у закритих ємностях, запобігаючи зволоженню.

*Романцемент* – продукт тонкого помелу випалених не до спікання чистих і доломітизованих вапняків з глинистими домішками не менше 25% з 15% активних мінеральних добавок, до 5% гіпсу. Виробництво романцементу включає такі операції:

- добування мергелистих вапняків,
- подрібнення,
- випалювання (в шахтних печах при температурі 1000...1100°C),
- помел у кульових млинах з додаванням гіпсу та інших добавок.

Тужавлення і твердіння романцементу ґрунтується на гідратації силікатів та алюмінатів кальцію. Початок тужавлення настає через 15 хв., а кінець через 24 год. Міцність романцементу невисока. Є марки М25, 50, 100. Тонкість помелу визначається залишками на ситі №02 – до 5%, на ситі №008 до 25%. Застосовують романцемент у штукатурних, мурувальних розчинах, бетонах невисокої міцності, у виробництві поштучних стінових матеріалів.

### **Портландцемент**

*Портландцемент* – основний матеріал у сучасному будівництві. Це в'язуча речовина, яка твердне у воді і на повітрі. Отримують тонким подрібненням випаленої до спікання (1450°C) сировинної суміші (вапняку 75% та глини 25%), що забезпечує переважання у клінкері силікатів кальцію. *Клінкер* це спечена сировинна суміш у вигляді зерен розмірами до 40 мм. Для регулювання термінів тужавлення додають гіпс у кількості 1,5...3,5% в перерахунку на  $SO_3$ , з активними мінеральними добавками (до 15%) чи без них.

*Хімічний склад цементного клінкеру*:  $CaO$  – 63...67%,  $SiO_2$  – 21...24%,  $Al_2O_3$  – 4...7%,  $Fe_2O_3$  – 2...5%.  $MgO$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$  – ці оксиди негативно впливають на якість матеріалу.

*Мінералогічний склад клінкеру*

Оксиди у клінкері перебувають не у вільному стані, а утворюють силікати, алюмінати, алюмоферити кальцію у вигляді мінералів кристалічної структури. Основні мінерали:

- $3CaO \cdot SiO_2$  – аліт – трикальцієвий силікат (45...60%),
- $2CaO \cdot SiO_2$  – беліт – двокальцієвий силікат (15...35%),
- $3CaO \cdot Al_2O_3$  – целіт – трикальцієвий алюмінат (4...14%),
- $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$  – чотирикальцієвий алюмоферит (10...18%).

Вміст тих чи інших мінералів визначає властивості портландцементу.

### **Виробництво портландцементу**

*Сировина:* вапняки, крейда, мергелі, добавки (хімічні сполуки, яких недостатньо у гірських породах) – опока, пісок, трепел; руда, колчеданові огарки; високоглиноземисті глини; доменні шлаки.

*Паливо:* кам'яне вугілля, мазут, газ.

*Технологічні операції:*

- добування вапняку, глини;
- підготовка сировинних компонентів, корегуючих добавок;
- приготування шихти (однорідної сировинної маси і заданого складу);
- випалювання суміші;
- подрібнення клінкеру разом з гіпсом (часом з активними добавками).

Є три способи виробництва портландцементу: *сухий, мокрий, комбінований.*

*Сухий спосіб* полягає у тому, що вихідна сировина подрібнюється у млинах і підсушується до вологості 1 – 2%, у силосах сировина корегується і змішується, випалюється таке сировинне борошно у коротких обертових печах, подрібнюється у млинах каскадного типу. Цей спосіб найпростіший, його застосовують при вологості вихідної сировини до 15%.

*Мокрий спосіб* застосовують, якщо вихідна сировина має підвищену вологість. Добуту з кар'єра сировину попередньо подрібнюють і звожують (тверді породи подрібнюють у дробарках, а м'які породи /глину, крейду/ перемішують з водою у млинах-змішувачах). Отриманий *шлам* з вологістю близько 50% випускають через отвір з сіткою, перекачуючи у трубний млин (металевий циліндр завдовжки 8,5...16 м, діаметром 2...4,5 м, поділений на 2 – 3 камери по довжині). З млина шлам подають насосом у корекційні шлам-басейни а далі у обертову піч (довгий циліндр з листової сталі, завдовжки близько 185 м, діаметр 5 м, з нахилом 3 - 4<sup>0</sup>) для випалювання. Шлам завантажують зверху, при обертанні він рухається вниз, пальне подається (вдувається) з протилежного боку. Пальне згоряє при температурі 1500<sup>0</sup>С. У печі відбуваються процеси:

- при температурі 100<sup>0</sup>С випаровується механічно зв'язана вода, знижується вологість, утворюються грудки;
- при 400<sup>0</sup>С вигоряють органічні речовини,
- при 600<sup>0</sup>С починається дегідратація, тобто видалення хімічно зв'язаної води;
- при 800...1000<sup>0</sup>С розклад вапняку на оксид кальцію та вуглекислоту;
- при 800<sup>0</sup>С  $CaO$  вступає в реакцію з окислами глини, утворюючи  $2CaO \cdot SiO_2$ ;  $3CaO \cdot Al_2O_3$ ;  $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ ;
- при 1300...1450<sup>0</sup>С плавляться сполуки  $3CaO \cdot Al_2O_3$ ;  $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ , луги, домішки. Утворюється клінкерна рідина, у якій розчиняється  $CaO$  та  $2CaO \cdot SiO_2$  з утворенням аліту  $3CaO \cdot SiO_2$ , який кристалізується з розчину;
- розжарений клінкер подається в холодильник, де різко охолоджується до температури 80...200<sup>0</sup>С;
- охолоджений клінкер “дозріває” у складах;
- помел разом з гіпсом і активними мінеральними добавками у трубних млинах при температурі близько 100<sup>0</sup>С;

- подача пневмотранспортом у силоси;
- пакування у крафт-паперові чи ПВХ-мішки.

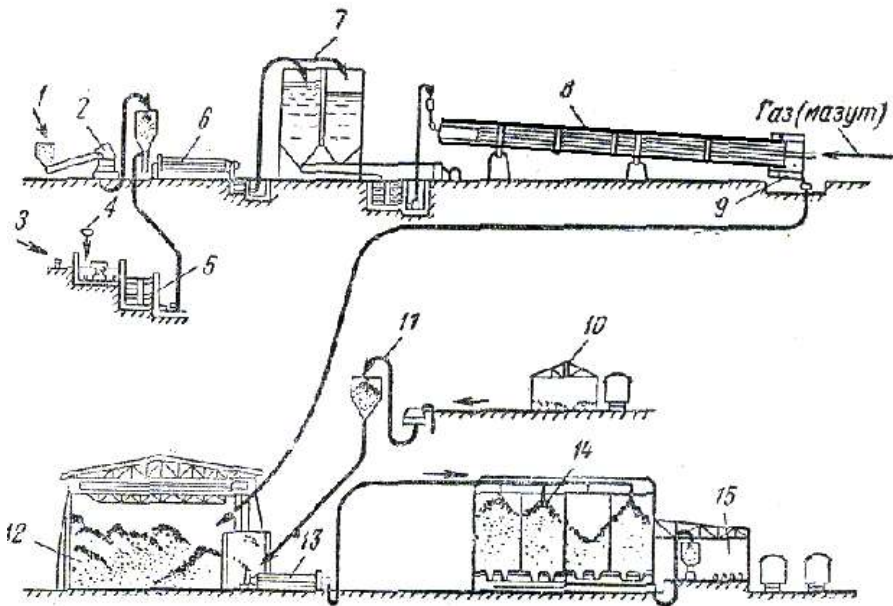


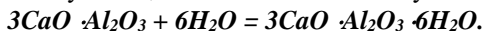
Рис. 7. Технологічна схема виробництва портландцементу за мокрим способом: 1 – подача вапняку з кар'єра; 2 – дробарка для вапняку; 3 – подача глини з кар'єра; 4 – подача води; 5 – басейн для розмішування глини; 6 – млин; 7 – шлам-басейни; 8 – обертова піч; 9 – холодильник; 10 – склад гіпсу; 11 – елеватор для подачі гіпсу з дробарки в бункер; 12 – склад клінкеру; 13 – кульовий млин; 14 – силоси для цементу; 15 – пост пакування цементу

*Комбінований спосіб* полягає в тому, що сировину, підготовану за мокрим способом (шлам вологістю близько 40%), зневоднюють на фільтрах до вологості 16...18%, утворюють гранули, випалюють за сухим способом.

### Твердіння портландцементу

При замішуванні з водою портландцемент утворює пластичне клейке тісто, яке поступово тужавіє і переходить у каменеподібний стан. При твердінні відбувається ряд складних хімічних процесів. Кожен з мінералів клінкеру дає різні новоутворення, які, в свою чергу, взаємодіють між собою. Твердіння визначається, в основному, гідратацією силікатів, алюмінітів, алюмоферитів кальцію.

Найшвидше при замішуванні з водою відбувається реакція целіту з утворенням гідроалюмінату кальцію – найстійкішої сполуки:



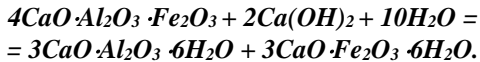
У присутності гіпсу при нормальній температурі утворюється комплексна сполука – гідросульфоалюмінат кальцію. У природі теж зустрічається такий мінерал, він називається еtringіт.



Повна гідратація аліту:



Чотирикальцієвий алюмоферит у насиченому вапняному розчині взаємодіє з водою, утворюючи стійкі змішані кристали:



Вивчали хімічні та фізичні перетворення при твердінні портландцементу Ле Шательє, В.Міхаеліс, А.Байков та інші.

Ле Шательє у 1882 році висунув *кристалізаційну* теорію твердіння, що полягає у тому, що безводні цементні мінерали, замішуючись з водою, утворюють перенасичений розчин, у якому утворюються кристали, які з часом переходять у суцільний кристалічний зросток.

В.Міхаеліс з 1893 року підтримував *колоїдну* теорію, хоча не відкидав і утворення кристалів. За колоїдною теорією зерна цементу у воді набухають, утворюючи гель, який твердне і проростає кристалічними утвореннями.

У 1923 році Байков узагальнив погляди Ле Шательє та Міхаеліса, вважаючи, що при твердінні відбуваються кристалізаційні та колоїдні процеси. Основні етапи:

- I – розчинення у воді в'язучої речовини з утвореннями насиченого розчину;
- II – колоїдація (тужавіння) – перехід новоутворень у колоїдну систему (гель);
- III – кристалізація і твердіння маси зі збільшенням міцності.

В подальші роки хімія цементу набула широкого розвитку. Праці Ребіндера, Малініна, Волженського, Торопова, Буднікова, Журавльова та ін. розширили попередні теоретичні нароби щодо твердіння портландцементу.

### **Структура цементного каменю**

Цементний камінь має неоднорідну структуру. Він складається з

- продуктів гідратації цементного клінкеру (колоїдні новоутворення, кристали);
- зерен клінкеру, які ще не прореагували;
- пор між зернами гелю, що заповнені повітрям, водою.

Кожна з цих структурних складових впливає на властивості. *Гелева* складова зумовлює усадку на повітрі та набухання у воді. *Порова* структура гелю впливає на механічні властивості і на морозостійкість та водонепроникність цементного каменю. Пористість зменшиться при зменшенні водоцементного співвідношення (В/Ц) і при збільшення ступеню гідратації цементу.

### **Основні властивості портландцементу**

*Істинна густина* цементу 3,05...3,15 г/см<sup>3</sup>.

*Насипна густина* близько 1300 кг/м<sup>3</sup>.

*Міцність* характеризується границею міцності при стиску і вигині, визначених при випробуванні балочок розмірами 40x40x160мм, виготовлених з цементно-піщового розчину складу 1: 3, що зберігалися протягом 28 діб у нормальних умовах для твердіння і набирання міцності (при температурі  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  та вологості близько 100%). Границя міцності при стиску відповідає активності цементу, а середнє значення границі міцності при стиску у  $\text{кгс}/\text{см}^2$  (наближене до меншого уніфікованого значення) є маркою цементу. Міцність цементу наростає нерівномірно: протягом перших трьох діб набуває 40...50%, за 7 діб – 60...70%. Міцність залежить від мінералогічного складу, тонкості помелу, вмісту води, вологості, температури, часу зберігання.

Цемент – це порошкоподібна речовина з розмірами зерен від 15...20 мкм до 40 мкм. *Тонкість помелу* цементного клінкеру визначається залишком на ситі №008 не більше 15% (найчастіше 8...12%). Питома поверхня цементу становить 2500...3000  $\text{см}^2/\text{г}$ , для швидкотверднучого тонкість помелу більша і становить 3500...4000  $\text{см}^2/\text{г}$ . На кожні 1000  $\text{см}^2/\text{г}$  активність цементу зростає на 20...25%.

*Водопотреба* – це мінімальна кількість води, що необхідна для приготування цементного тіста нормальної консистенції (густоти). Теоретична водопотреба (кількість води, необхідна для реагування з зернами цементу) становить 24...27%, проте для забезпечення достатньої легковкладальності водопотреба у 2 – 3 рази більша.

*Строки тужавіння* – час, протягом якого цементне тісто втрачає свою пластичність і набуває землистої консистенції без помітної міцності. *Початок тужавіння* визначається за приладом Віка і відповідає тому моменту, коли голка не доходить до дна на 2...4 мм. *Кінець тужавіння* відповідає часу, коли голка приладу занурюється у тісто лише на 1 – 2 мм. Найчастіше початок тужавіння настає не раніше як через 45 хв., а кінець тужавіння – не пізніше як через 10 год. Для регулювання термінів тужавіння вводять спеціальні добавки: *сповільнювачі* тужавіння (борна кислота, сульфат або нітрат натрію чи калію) або *прискорювачі* тужавіння (електроліти, сульфати, карбонати металів).

### **Стійкість цементного каменю**

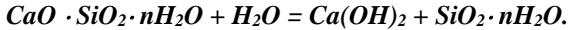
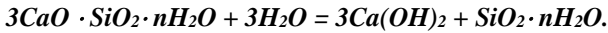
Бетон у інженерних спорудах піддається агресивному впливу оточуючого середовища: прісних та мінеральних вод, спільної дії води та морозу, навперемінному зволоженню чи висушуванню тощо. Найбільше реагує на всі ці впливи саме цементний камінь, який може піддаватись корозії. Корозія цементного каменю у водному середовищі може бути кількох видів:

*І вид корозії* – вилужування – руйнування цементного каменю відбувається в результаті розчинення у проточній воді і вимивання деяких його складових частин. Наприклад,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  вимивається (зовні це видно у вигляді білих плям на поверхні, потьоків), залишаючи пори і зменшуючи при цьому міцність. Дещо запобігає цьому виду корозії захисна кірка з  $\text{CaCO}_3$ , що утворюється внаслідок карбонізації  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .  $\text{CaCO}_3$  майже у 100 разів менш розчинний у воді, ніж  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Головна боротьба з цим видом корозії – пуцоланізація – введення в цемент

гідралічних добавок (аморфний кремнезем), що зв'язує  $\text{Ca(OH)}_2$  малорозчинну сполуку – гидросилікат кальцію:

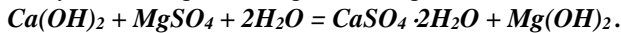


Всі мінерали цементного клінкеру можуть довгий час бути у воді лише при певній концентрації вапна ( $\text{CaO}$ ) у воді – не нижче рівноважної концентрації. Якщо ж  $\text{CaO}$  менше від рівноважної концентрації хоча б на 0,05 г/л, то мінерали розчиняються з розкладом і виділенням у розчин, що є руйнуванням цементного каменю:

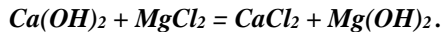


Ще одним видом захисту від корозії такого виду є застосування цементу, який при твердінні виділяє якомога менше  $\text{Ca(OH)}_2$  - це є білітовий цемент, у якому вміст  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  не більше 50%.

**II вид корозії** – руйнування цементного каменю водою, яка містить солі, здатні вступати в обмінні реакції зі складовими частинами цементного каменю, утворюючи при цьому легкорозчинні у воді або аморфні сполуки. При цьому зростає пористість цементного каменю і зменшується міцність його. Найхарактерніші обмінні реакції відбуваються при дії хлористих і сірчаноокислих солей:

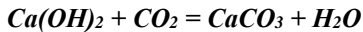


Видно, що в результаті реакції утворився добре розчинний у воді (до 2 г/л) гіпс і нерозчинний аморфний гидроксид магнію, який не зв'язаний і добре вимивається.



В даній реакції утворюється теж добре розчинний хлорид кальцію.

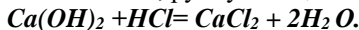
Корозія цементного каменю відбувається і водами з високим вмістом вільної вуглекислоти. Під час реакції



утворюється труднорозчинний карбонат кальцію і бетон (а саме цементний камінь у ньому) добре зберігається, однак при подальшій взаємодії утворюється легкорозчинний бікарбонат кальцію:



Під дією розчинів майже всіх кислот відбувається кислотна корозія цементного каменю внаслідок утворення розчинних у воді солей, які легко вимиваються або збільшуються в об'ємі, руйнуючи цементний камінь:



Захист – покриття кислототривкими матеріалами.

Корозія може настати і внаслідок впливу розчинених мінеральних добрив, особливо аміачних (аміачна селітра, сульфат амонію, суперфосфат), з утворенням легкорозчинних солей, які вимиваються:

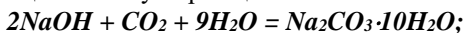


**III вид корозії** – руйнування цементного каменю під дією сульфатів та їдких лугів, що знаходяться в морській воді, мінералізованій воді, воді з розчиненим гіпсом:



Утворюється важкорозчинний гідросульфоалюмінат кальцію (етрингіт) – кристали у вигляді довгих голок, так звана “цементна бацила”, яка спочатку ущільнює цементний камінь, бо збільшується в об’ємі в 2,5 рази, а згодом руйнує цементний камінь зсередини внаслідок зростання внутрішнього кристалічного тиску.

Аналогічний наслідок отримуємо при дії розчинів лугів, які викликають карбонізацію солей у порах цементного каменю:



Захистом від цього виду корозії може бути застосування цементів з низьким вмістом трикальцієвого алюмінату – до 5%.

Отже, щоб підвищити стійкість цементного каменю застосовують:

- конструктивні заходи (гідроізоляція, водовідведення, дренаж);
- покращення технології бетону (ущільнення бетонних сумішей, автоклавна обробка бетону, зменшення В/Ц, підбір зернового складу заповнювачів бетону);
- застосування цементів певного мінералогічного складу (з вмістом целіту ( $3CaO \cdot Al_2O_3$ ) до 5% - сульфатостійкий цемент, з низьким вмістом аліту ( $3CaO \cdot SiO_2$ );
- пуцоланізація бетонів.

### Спеціальні цементи

*Швидкотверднучий* цемент – через 3 доби набирає 50% проектної міцності (міцність при стиску 25...28МПа). Клінкер тонко мелеться до питомої поверхні 350м<sup>2</sup>/кг. Мінералогічний склад – аліту і целіту 60...65%, гіпсу 3...5%, активних мінеральних добавок 10% або доменного гранульованого шлаку 15%. Застосовують при надшвидких темпах будівництва, при низьких температурах для зменшення часу на тепловологову обробку бетону. Не застосовують при виготовленні масивних конструкцій, бо спостерігається значне тепловиділення. У такому цементі підвищений вміст аліту, тому він непридатний для конструкцій, що зазнають сульфатної корозії.

*Особливо швидкотверднучий* цемент марки М600 у віці 1 доби має міцність 20...25МПа, 3 діб – 40 МПа. Мінералогічний склад: аліту 65...68%, целіту до 8%. Тонкість помелу досить висока – питома поверхня 400 м<sup>2</sup>/кг. Переваги: на 15...20% можна знизити витрату, зменшити час на теплообробку виробів.

*Надшвидкотверднучий* цемент отримують введенням додатково фторидів кальцію, хлоридів кальцію з великим вмістом алюмініатів. Через 1...4 години можна розпалублювати. М400, М500. Недолік – невисока морозостійкість, хлор-іони викликають корозію арматури.

*Пластифікований* цемент отримують тонким подрібненням клінкеру з додаванням гіпсу 3...5% і 0,25% пластифікуючої добавки (лігносульфонат технічний). Це надає підвищеної рухливості, можна зменшити В/Ц, збільшити щільність, морозостійкість, водонепроникність, або при сталому В/Ц можна зменшити витрату цементу на 10...15%, зберігти проектну міцність.

*Гідрофобний* цемент отримують додаючи до клінкеру 3...5% гіпсу і 0,08...0,25% гідрофобних добавок (олеїнової кислоти, асидолу, милонафту). Ці добавки утворюють плівку на поверхні порошку цементу, зменшують гігроскопічність при зберіганні і транспортуванні, але і сповільнюють наростання міцності на початку твердіння.

*Пуцолановий* цемент отримують додаванням до клінкеру 3...5% гіпсу, 20...30% активних добавок - вулканічного попелу (пуцолана). Він зв'язує гідроксид кальцію у нерозчинний гідросилікат кальцію, таким чином підвищуючи стійкість до корозії I виду. Недолік такого цементу – значна усадка у повітряно-сухих умовах, при цьому знижується міцність, твердне повільніше, особливо при низьких температурах.

*Шлакопортландцемент* – до цементного клінкеру додають 3,5% гіпсу і 20...80% гранульованого доменного шлаку або близько 15% трепелу чи діатоміту. При твердінні тепловиділення менше в 2-2,5 рази від звичайного портландцементу, тому застосовують для виготовлення масивних конструкцій. Має меншу водопотребу, більшу повіростійкість, більшу морозостійкість, вартість на 15...20% менша. Недолік – повільно набирає міцність на початку твердіння, особливо при низьких температурах.

*Сульфатостійкий* цемент застосовують для виготовлення бетонів, що працюють у морській воді. Склад: аліт до 50%, целіт – до 5%, целіту і чотирикальцієвого алюмофериту разом до 22%. Марки М300, М400, М500, висока морозостійкість. Недолік – сповільнено твердне у початкові строки.

*Білий* портландцемент – декоративний цемент марок М400, М500. Сировина для виготовлення – чисті вапняки, кварцовий пісок, каолін, чистий гіпс, світлі туфи – без оксидів металів. Як паливо при виготовленні цементу застосовують природний газ. Щоб покращити білизну цементу, клінкер випалюють у відновлювальному середовищі, відбілюють, швидко охолоджують водою. За ступенем білизни є 3 гатунки цементу: I, II, III.

*Кольорові* цементи – отримують з додаванням до білого цементу мінеральних пігментів або забарвлюють клінкер, вводячи до складу шихти оксиди металів (заліза, хрому, нікелю, кобальту, марганцю тощо), які дають певне забарвлення. Застосовують для оздоблювальних робіт.

*Тампонажний* цемент застосовують для ізоляції пластів, кріплення свердловин, тампонування свердловин. Мають високу міцність, водо- і газонепроникні, стійкі до дії солей, суміші дуже рухливі. Мінеральний склад регулюється для кожного випадку окремо.

*Глиноземистий* цемент. Сировина – боксити, вапняки. У складі клінкеру переважають алюмінати кальцію. Тепловиділення у 1,5 рази більше, ніж у звичайних цементів, тому застосовують для зимових робіт (не застосовують влітку для масивних конструкцій). Глиноземистий цемент не піддають теплообробці, бо при високих температурах відбувається перекристалізація, зростають внутрішні напруження, міцність знижується у 2 – 3 рази. Марки М400, М500, М600. Водопотреба 23...28%. Швидкоотверднучий, але повільно тужавіє, тому зручний у роботі.

*Розширні* цементи (містять спеціальну розширну добавку) не дають усадки при твердінні на повітрі, дещо набухають при твердінні у воді. Є кілька видів: глиноземистий розширний, водонепроникний гіпсоглиноземистий, розширний портландцемент, напружувальний цемент. Застосовують у підземному та підводному будівництві, у тунелях, шахтах, для тампонажних розчинів, для влаштування водонепроникних швів, для гідроізоляції.

## Тема 6. БЕТОНИ

1. Загальні відомості.
2. Класифікація бетонів.
3. Основні вимоги до бетонних сумішей та бетонів.
4. Важкі бетони:
  - 4.1. Матеріали для бетону.
  - 4.2. Бетонна суміш та її властивості.
  - 4.3. Проектування складу бетону.
  - 4.4. Загальні властивості важкого бетону.
5. Спеціальні види бетонів.
6. Легкі бетони, їх різновиди, виробництво, властивості та використання.

Бетон – штучний каменеподібний матеріал, результат твердіння раціонально підібраної суміші в'язучої речовини, заповнювачів, води, добавок.

Бетон є одним з основних видів будівельних матеріалів. Вартість його становить близько 25% всього будівництва. Цей матеріал є досить економічним, оскільки близько 80% його складників (пісок, щебінь, гравій, шлак, зола, вода) є місцевими. Бетон – штучний матеріал, тому можна змінювати склад суміші і досягти цим різних властивостей.

Класифікація бетонів:

1. *за основним призначенням:*
  - конструкційні;
  - спеціальні (жаро-, хімічно стійкі, декоративні, радіаційно захисні, теплоізоляційні тощо);
2. *за видом в'язучої речовини:*
  - на основі цементних в'язучих;
  - на основі вапняних в'язучих;
  - на основі гіпсових в'язучих;
  - на основі шлакових в'язучих;
  - на основі спеціальних в'язучих;
3. *за міцністю* поділяється на класи (наприклад, C16/20, C20/25);
4. *за видом заповнювача:*
  - на щільних заповнювачах;
  - на пористих заповнювачах;
  - на спеціальних;

5. *за структурою:*
  - щільні;
  - поризовані;
  - ніздрюваті;
  - крупнопористі;
6. *за морозостійкістю* поділяється на марки (наприклад, F20; F50);
7. *за водонепроникністю* поділяється на марки (наприклад, W2, W2,5);
  - *особливо важкий* із середньою густиною  $\rho_m > 2500 \text{ кг/м}^3$ ; заповнювачами є барит, залізна руда, сталева стружка, чавунний скрап, ошурки тощо;
  - *важкий* (звичайний) з  $\rho_m = 2200 \dots 2500 \text{ кг/м}^3$ ; заповнювачами є щебінь або гравій з важких та міцних гірських порід, кварцовий, вапняковий або польвошпатний пісок;
  - *полегшений*  $\rho_m = 2000 \dots 2200 \text{ кг/м}^3$ ; заповнювачі – вапняк-черепашник, цегельний бій;
  - *легкий*  $\rho_m = 500 \dots 2000 \text{ кг/м}^3$  – на пористих штучних і природних заповнювачах (вулканічний та вапняковий туф, пемза, керамзит, шлакова пемза, аглопорит);
  - *особливо легкий*  $\rho_m \leq 500 \text{ кг/м}^3$ ; – ніздрюваті бетони і бетони на особливо легких заповнювачах (спучений перліт, спучений вермикуліт);
8. *за розмірами крупного заповнювача:*
  - крупнозернистий бетон із заповнювачем розмірами зерен 10...150 мм;
  - дрібнозернистий – із заповнювачами розмірами зерен до 10 мм, як різновид є цементно-пісковий бетон з крупністю піску до 5 мм.

### **Основні вимоги до бетонних сумішей та бетонів**

При перемішуванні, транспортуванні, вкладанні витратити якомога менше енергії.

При транспортуванні бетонна суміш не повинна розшаровуватись.

Швидкість твердіння суміші повинна відповідати термінам розпалублення.

Витрата цементу має бути мінімальна.

Для конструкційних бетонів повинна бути достатня задана міцність, морозостійкість, водонепроникність (особливо для гідротехнічних бетонів), низька теплопровідність (особливо для стінових), низька зносостійкість (особливо для покриття підлог), для дорожніх бетонів має бути висока морозостійкість та міцність.

### **Важкий бетон**

Один із основних видів бетону. Застосовується для виготовлення будівельних виробів та конструкцій масового виробництва, для монолітного

бетонування в різних спорудах. Матеріалами для важкого бетону є в'язуча речовина (найчастіше то цемент), заповнювачі (дрібний та крупний) і вода.

*Цемент* – в основному застосовують портландцемент та його різновиди, рідше глиноземистий та інші види в'язучих. Залежно від проектної міцності бетону застосовують такі марки цементу:

Бетон	C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C30/35	C40/45	C45/50
Цемент	300	300, 400	400	400, 500	500, 600	600	600

На практиці найчастіше застосовують цемент марок 400, 500. Слід пам'ятати, що чим вища марка цементу, тим менше його витрачають для приготування бетонної суміші певних властивостей.

*Заповнювачі:*

- дрібні (природні чи штучні піски), крупністю 0,14...5,00 мм;
- крупні (щебінь, гравій), крупністю 5...70 мм; при бетонуванні масивних споруд застосовують щебінь фракцій до 150 мм.

*Природні піски* – сипка уламкова порода. За мінералогічним складом – кварцові, польовошпатні, карбонатні. За походженням – гірські, річкові, морські.

*Штучні піски* отримують подрібненням гірських порід, спеціально виготовлених матеріалів, відходів промисловості.

У лабораторіях визначають такі показники піску:

- істинна густина;
- насипна густина;
- міжзернова пористість;
- вологість;
- вміст мінеральних та органічних домішок;
- зерновий склад піску;
- модуль крупності.

Модуль крупності піску визначають після проведення ситового аналізу на стандартному наборі сит з вічками 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,14 мм. Залишки піску на кожному ситі зважують і обчислюють частковий залишок в г та в % за формулою:

$$a_i = (m_i / m) 100\%,$$

де  $m_i$  - маса залишку (частковий залишок) на  $i$ -тому ситі, г;

$m$  - маса наважки піску, який просіюють, г.

Часткові залишки характеризують розподіл зерен за ступенем крупності у пробі піску.

Визначають повні залишки на кожному ситі, що дорівнюють сумі часткового залишку на даному ситі та часткових залишків на всіх попередніх ситах з більшими вічками, %:

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i$$

Загальну оцінку крупності піску даної проби виражають модулем крупності:

$$M_k = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14}) / 100.$$

Результати просіювання добре подати наочно на графіку, відклавши по горизонталі розміри отворів сит, а по вертикалі повні залишки у %. Оптимальне поєднання фракцій забезпечує сипкому матеріалу найменшу міжзернову пустотність, тобто мінімальний об'єм, який буде зайнятий цементним тістом. В залежності від модуля крупності піски поділяють на

- крупні з  $M_k > 2,5$ ;
- середні з  $M_k = 2,5 \dots 2,0$ ;
- дрібні з  $M_k < 2$ ;
- дуже дрібні з  $M_k < 1,5$ .

*Гравій* – це сипкий матеріал, утворений внаслідок природного руйнування (вивітрювання) вивержених чи осадових порід. Форма зерен гравію обкатана, округла, поверхня гладенька. Міцні зерна утворюються з граніту, діориту, а слабкі з пористих вапняків. Часто гравій містить домішки пилу, глини, піску. Якщо піску 25...40%, то такий матеріал називають піщано-гравійною сумішшю.

За походженням буває

- гірський,
- морський,
- річковий.

За розмірами зерен гравій поділяють на

- рядовий – 30...70 мм;
- фракціонований:
  - дрібний – 5...20 мм;
  - середній – 20...40 мм;
  - крупний – 40...70 мм.

*Щебінь* – сипкий матеріал, отриманий механічним подрібненням гірських вивержених (граніт, діабаз, діорит), щільних осадових (вапняк, доломіт, кальцит) чи інших порід. Форма їх кутаеста, поверхня шорстка, тому міцність зчеплення з цементним каменем у щебеню більша, ніж у гравію.

Фракції щебеню:

- особливо дрібний – 5...10 мм;
- дрібний – 10...20 мм;
- середній – 20...40 мм;
- крупний – 40...70 мм;
- особливо крупний – 70...150 мм.

Часом крупний гравій подрібнюють на щебінь.

Вміст глинистих, мулистих, пилюватих домішок обмежують.

Зерновий склад крупного заповнювача, аналогічно як і піску, впливає на властивості бетонної суміші та самого бетону. Оптимізація зернового складу має

грунтуватись на такій умові: отримати найменший об'єм міжзернових пустот, тобто забезпечити мінімальну витрату розчинової суміші, а отже і цементу.

#### *Вода необхідна*

- для приготування бетонної суміші певної консистенції,
- для поливання відкритих поверхонь тверднучого бетону,
- часом для промивання заповнювачів.

Застосовують, як правило, воду питної якості, незабруднену воду річок, озер без масел, нафтопродуктів, агресивних стоків, органічних домішок – цукру (гранично допустима концентрація – ГДК– становить 10 г/л). За хімічним складом у воді не повинно бути розчинних солей (ГДК= 5 г/л), а саме сульфат іонів, які викликають корозію цементного каменю і приводять до руйнування, - ГДК = 2,7 г/л, хлор-іонів, які спричиняють корозію арматури, - ГДК = 3,5 г/л. Витрата води зумовлена такими потребами:

- для гідратації цементу у кількості 15 – 20% за масою,
- для нормальної густоти цементного тіста – 24 – 30%,
- для легковкладальності бетонної суміші – 40 – 70%.

Отже, надлишок води необхідний для зручності перемішування та ущільнення суміші.

#### *Бетонна суміш та її властивості*

*Бетонна суміш* – це складна багатокомпонентна система, яку утворюють *зерна цементу*, які реагують з водою замішування, *заповнювачі*, які утворюють скелет майбутнього бетону, *вільна вода і повітря*, втягнуте під час перемішування і укладання бетонної суміші. Отже, у суміші присутні 3 фази – тверда, рідка, газоподібна. З часом і під впливом зовнішніх факторів суміш змінює свій стан від рідкого до твердого за схемою “пластичне → в’язке → пружне”. Головна роль у зміні стану належить цементу як в’язучій речовині. Структурна в’язкість цементного тіста залежить від концентрації твердої фази у водній суспензії і характеризується показником нормальної густоти тіста, тобто умовним ступенем пластичності для цементу. Нормальна густота (НГ) цементного тіста пропорційна до водоцементного співвідношення (В/Ц).

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

*Рухливість бетонної суміші* визначають за допомогою стандартного конуса (металева форма без дна у вигляді зрізаного конуса висотою 300 мм, діаметром 100 мм зверху та 200 мм знизу). Форму змочують водою, встановлюють на горизонтальну поверхню. Заповнюють бетонною сумішшю за 3 рази, ущільнюючи її штикуванням (25 разів). Надлишок зрізають кельмою. Знімають форму різко вверх. Бетонна суміш починає осідати під дією власної ваги. Різниця між краєм форми та верхньою точкою бетонної суміші дасть осадку конуса ОК. ОК визначають 3 рази, підраховуючи середнє значення. Суміші з ОК = 1 – 3 см вважаються малорухливими, при ОК = 4 –

15 см – рухливими, при ОК понад 15 см – литі. Марки (від російського “подвижные” - П) П1 при ОК до 4 см, П2 – при ОК = 5 – 9 см, П3 при ОК = 9 – 15 см, П4 при ОК більше 15 см.

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

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

*Зв'язність бетонних сумішей* перешкоджає розшаровуваності, коли важчі частки осідають у нижні шари, витісняючи воду. Щоб знизити розшарованість, вводять пластифікуючі добавки. Зв'язність та легковкладальність суміші залежить від

- витрати води,
- виду цементу,
- об'єму цементного тіста,
- об'єму розчинової частини,
- характеру заповнювача (щебінь чи гравій),
- наявності пластифікуючої добавки.

*Добавки* вводяться на стадії перемішування для регулювання властивостей бетонної суміші та бетону, а також для економії цементу. Застосовують добавки *тонкомелені* (золи ТЕС, мелені шлаки тощо) у кількості 5 – 20% до маси цементу для його економії;

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

*Пластифікуючі добавки* застосовують для покращення легковкладальності суміші. До них належать:

- ПАР – поверхнево активні речовини, лігносульфонат технічний,
- СДБ – сульфатно-дріжджова бражка (застосовують у кількості 0,1 – 0,5% до маси цементу, або 1 кг на 1 м<sup>3</sup> бетону),
- суперпластифікатори – С-3, 10-03, 40-03, ДОФЕН, ОП-7 – це синтетичні полімерні речовини, які застосовуються у кількості 0,2 – 1,2% до маси цементу і дають сильний розріджувальний ефект, не сповільнюючи процеси твердіння;

- гідрофобні пластифікуючі добавки (милонафт, гідрофобізуючі сполуки) застосовують для бетонів з малим вмістом цементу. Після затвердіння бетону ці добавки, адсорбуючись у порах, забезпечують йому водовідштовхувальні властивості. Тому зменшується водопоглинання, а морозостійкість та корозійна стійкість зростає.

Застосування пластифікаторів дає змогу

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

Для регулювання термінів тужавлення бетону слугують прискорювачі та сповільнювачі твердіння.

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

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

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

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

Часто застосовують добавки поліфункціональної дії (комплексні), які регулюють декілька властивостей бетонної суміші.

Проектування складу бетону виконується в такому порядку:

1. Визначення вимог до бетону (його проектних властивостей), виходячи з характеристик споруди чи виробу, особливостей їх виготовлення або експлуатації.
2. Вибір матеріалів для бетону, визначення їх властивостей.
3. Попередній розрахунок складу бетону.
4. Перевірка складу у пробних замісах.
5. Корегування складу суміші у випадках, коли у пробному замісі виявлено відхилення від вимог.

Отже, перед приготуванням бетонної суміші слід провести підготовчу роботу, яка включає 2 основних етапи:

I – визначення проектних даних (з проектної документації або (рідше) візуального обстеження) бетону:

- класу за міцністю;
- рухливості за осадкою конуса (ОК) чи жорсткості бетонної суміші;

II – визначення властивостей наявних матеріалів, які застосовуватимуться для приготування бетонної суміші:

- вид цементу, його активність, МПа;
- істинні густини цементу, піску, щебеню чи гравію;
- міжзернову пустотність крупного заповнювача;
- найбільшу і найменшу крупність зерен заповнювача;
- насипні густини цементу, піску, щебеню чи гравію;
- вологість заповнювачів;
- якісні характеристики заповнювачів (вміст різних домішок).

Наступним є попередній розрахунок складу бетону. В основу його покладено принцип “абсолютних об’ємів”. Тобто сума абсолютних об’ємів компонентів суміші повинна становити 1 - 1 м<sup>3</sup>, або іншу одиницю об’єму.

$$\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{П}{\rho_{п}} + \frac{Щ(Г)}{\rho_{щ(г)}} + \frac{В}{\rho_{в}} = 1,$$

де **Ц, П, Щ, Г, В** – витрати компонентів, відповідно цементу, піску, щебеню, гравію, води в кг на 1 м<sup>3</sup> суміші;

**ρ** – істинна густина кожного компонента.

Завдання розрахунку полягає у тому, щоб визначити кожне з чотирьох невідомих цього рівняння.

1. Витрату води **В** визначають з таблиці водопотреб залежно від ОК, виду заповнювача (щебінь чи гравій) та його максимальної крупності.

2. Витрату цементу **Ц** обчислюють з цементно-водного відношення (при відомій уже витраті води **В**), застосовуючи формулу Скрамтаєва:

$$R_b = AR_{ц} \left( \frac{Ц}{B} - 0,5 \right), \text{ звідки } Ц = B \left( 0,5 + \frac{R_b}{AR_{ц}} \right),$$

тут  $R_b$  – міцність бетону на стиск, МПа (за проектними даними);  
 $A$  – коефіцієнт якості заповнювачів, який становить 0,65 – для високоякісних заповнювачів, 0,60 – для рядових, 0,55 – для заповнювачів зниженої якості.

3. Для визначення витрати щебеню  $\Pi$  (чи гравію  $\Gamma$ ) варто провести логічне міркування, що бетонна суміш складається зі “щебеню” – скелету бетону і “не щебеню” – ущільненої розчинової частини бетонної суміші. Це означає, що міжзерновий простір у щебені (чи гравії) повинен заповнитися цементно-піщаним розчином.

Міжзерновий простір (виходячи з насипної густини щебеню) становитиме  $V_{\text{пустот.щ.}} \Pi / \rho_{\text{нас.щ.}}$ . Проте оптимальна структура бетону буде, коли зерна щебеню по всьому об’єму будуть контактувати між собою не “насухо”, а через зв’язувальний шар розчину, тобто зерна щебеню мають бути розсунутими. Вводять коефіцієнт розсунення зерен  $\alpha$ . Отже, об’єм розчинової суміші у бетоні (бетон без щебеню) становитиме  $V_{\text{н.щ.}} \frac{\Pi}{\rho_{\text{н.щ.}(z)}} \alpha$ .

Підставимо це значення у рівняння абсолютних об’ємів:  $V_{\text{н.щ.}} \frac{\Pi(\Gamma)}{\rho_{\text{н.щ.}(z)}} \alpha + \frac{\Pi(\Gamma)}{\rho_{\text{щ}(z)}} = 1$ , звідки отримаємо витрату щебеню (гравію) в кг на  $1 \text{ м}^3$  суміші:

$$\Pi(\Gamma) = 1 / \left( \frac{V_{\text{н.щ.}(z)} \alpha}{\rho_{\text{н.щ.}(z)}} + \frac{1}{\rho_{\text{щ}(z)}} \right).$$

4. Витрата піску визначається з цього ж рівняння, оскільки відомі вже всі компоненти:

$$\Pi = \left( 1 - \frac{\Pi}{\rho_{\text{ц}}} - \frac{\Pi(\Gamma)}{\rho_{\text{щ}(z)}} - \frac{B}{\rho_{\text{в}}} \right) \rho_{\text{н.}}$$

5. Пізніше зводять всі витрати до витрат цементу:  $\frac{\Pi}{\Pi} : \frac{\Pi}{\Pi} : \frac{\Pi(\Gamma)}{\Pi}$ , підставивши конкретні числові значення отримують склад бетону, наприклад:  $1 : 2,5 : 4$  при  $B/\Pi = 0,56$ .

6. Готують пробний заміс. Знаючи витрату матеріалів на  $1 \text{ м}^3$  бетону, перераховують його на об’єм пробного замісу (10л, 50л) і готують суміш. Перевіряють її легковкладальність ОК, фактичну середню густину, порівнюють її з проектними та розрахунковими даними. Якщо дані відповідають проектним, то виготовляють зразки – куби розмірами 10 (15, 20) см і випробовують їх на міцність у віці 28 діб витриманих у нормальних умовах твердіння.

7. Якщо суміш має властивості відмінні від проектних, то її корегують, тобто збільшують чи зменшують витрату води, неодмінно зберігаючи водоцементне співвідношення, щоб не змінити проектної міцності бетону.

8. Наступним є етап переходу до виробничого складу бетону. В лабораторії компоненти знаходяться у сухому стані, а на виробництві вони мають певну вологість, тому слід перерахувати витрату води. Визначають вологість заповнювачів, обчислюють вміст води в них на 1 м<sup>3</sup> суміші. Зменшують розрахункову витрату води, а витрату заповнювачів відповідно збільшують.

9. При перемішуванні бетонної суміші дрібніші зерна її компонентів розміщуються у порожнинах між крупними зернами; пісок розміститься між зернами щебеню, а порожнини у піску заповняться цементним тістом, отже об'єм суміші завжди буде меншим від суми об'ємів усіх сухих насипних компонентів. Тому вводять коефіцієнт виходу бетонної суміші  $\beta$ , що є важливою характеристикою якості бетону і заповнювачів, він враховує зменшення об'єму суміші після перемішування порівняно з сумою об'ємів окремо взятих складових у насипному стані (без врахування води). Чим вищий коефіцієнт  $\beta$ , тим економічніший бетон. Для крупнозернистих бетонів  $\beta = 0,67 - 0,7$ , для дрібнозернистих  $\beta = 0,7 - 0,8$ . Цей коефіцієнт виходу бетонної суміші необхідно визначити для розрахунку витрат матеріалів на заміс.

$$\beta = \frac{V_{б.с.}}{\frac{Ц}{\rho_{н.ц.}} + \frac{П}{\rho_{н.п.}} + \frac{Щ(\Gamma)}{\rho_{н.щ.(\gamma)}}}$$

Користуючись значенням  $\beta$ , розраховують витрату матеріалів на один заміс бетонозмішувача певного об'єму.

#### Загальні властивості важкого бетону

Найважливіший показник будівельних якостей бетону – *міцність*. Саме міцність забезпечує здатність чинити опір зовнішнім механічним впливам. Міцність бетону на стиск значно більша від інших характеристик міцності (границі міцності при розтягу чи вигині), тому бетон, в основному, працює на стиск. Міцність бетону залежить від активності цементу, водоцементного співвідношення, умов і часу твердіння, властивостей компонентів бетонної суміші та умов формування виробу та багатьох інших факторів. Для визначення міцності бетону користуються емпіричною формулою Болломея-Скрамтаєва:

$$R_b = A \cdot R_c \cdot (C/B - 0,5),$$

де  $R_b$  – проектна міцність бетону, [МПа];

$A$  – коефіцієнт, що залежить від якості заповнювачів, і становить

для рядових заповнювачів – 0,6,

для високоякісних заповнювачів – 0,65,

для заповнювачів зниженої якості – 0,55;

$R_c$  – активність (марка) цементу, [МПа];

$C$  – витрата цементу, [кг; т];

$B$  – витрата води, [т; л].

## Спеціальні види бетонів

*Бетони для дорожніх та аеродромних покриттів* сприймають рухомі навантаження, стиральний вплив, наперемінне зволоження і висихання, заморожування і відтавання. Тому до такого бетону ставлять вимоги – підвищена міцність на стиск, вигин, висока морозостійкість. Сировиною для цього бетону є чистий кварцовий пісок, чистий високоміцний щебінь оптимального зернового складу (крупністю до 40 мм), пластифікатор. Нижній шар дорожнього покриття виконують з бетону класів С12/15, С16/20, а верхній шар – з бетону класів С20/25, С25/30.

*Гідротехнічний бетон* застосовують для виготовлення і бетонування споруд, які періодично чи постійно звожуються. Гідротехнічний бетон повинен мати високу міцність при стиску і розтягу, високу водостійкість, водонепроникність, морозостійкість, низьке тепловиділення при твердінні. *Сировина*: в'язуча речовина – шлакопортландцемент, пуцолановий портландцемент (для підводних зон бетонування); гідрофобний, пластифікований портландцемент (для надводних); сульфатостійкий цемент (для зовнішніх частин споруд, що працюють під впливом морської води); заповнювачі повинні задовольняти вимоги спецстандартів; крім основних компонентів вводяться ущільнюючі добавки.

*Хімічно стійкий бетон (полімерний)* виготовляють з таких компонентів: в'язуча речовина – поліефірна смола, фурано-епоксидна смола, фурфуролацетатна смола, рідке скло; заповнювачі – кварцовий пісок, щебінь з кварциту, андезиту, діабазу, базальту, крім того додають кислотостійкі тонкомелені наповнювачі – кварцове чи андезитове борошно. Цей вид бетону має досить високу морозостійкість – F1000, границя міцності при стиску 30...110 МПа.

Стійкість бетону оцінюється коефіцієнтом хімічної стійкості

$$K_{x.c.} = R_c^{360} / R_c^{K.3.},$$

де  $R_c^{360}$  – границя міцності при стиску зразка, витриманого протягом

360 діб у хімічно агресивному середовищі;

$R_c^{K.3.}$  – границя міцності при стиску контрольного зразка, що зберігався у нормальних умовах.

Бетони вважаються нестійкими до агресивного середовища при  $K_{x.c.} < 0,3$ , відносно стійкими при  $K_{x.c.} = 0,3...0,5$ , стійкими при  $K_{x.c.} = 0,5...0,8$ , високої стійкості при  $K_{x.c.} \geq 0,8$ .

*Жаростійкий бетон* (робочі температури до 1700°C) застосовують у теплових агрегатах для футерування печей, вагонеток, для влаштування фундаментів

для промислових печей і труб. Як в'язучі речовини застосовують портландцемент, глиноземистий, високоглиноземистий цемент, алюмофосфати, рідке скло. Заповнювачі – хроміт, шамот, базальт, діабаз. Крім того, додають стабілізатори, для забезпечення твердіння – кремнефторид натрію, тонкомелені добавки – шамот, хроміт, магнезит.

*Декоративні бетони* застосовують для надання кращої художньої виразності будівель (для стін, підлог). Складові компоненти: в'язучі – білі та кольорові цемент, як пігменти застосовують оксиди металів, солі металів у кількості 1...5% від маси цементу; заповнювачі – світлі вапняки, доломіти, відходи дроблення і пиляння каменю, щебінь і пісок мармуру, граніту, базальту. Поверхню бетону шліфують, полірують. Виготовляють декоративні бетони монолітним способом або у заводських умовах у вигляді масивів, які пізніше розпилюють, обробляють і транспортують на будмайданчик.

*Радіаційно захисні бетони* – це особливо важкі і гідратні бетони, густина яких становить 2500...6000 кг/м<sup>3</sup>. Такі бетони використовують на атомних електростанціях, ядерних реакторах, рентген-кабінетах для захисту від радіоактивного випромінювання. В'язучі – портландцемент, пуцолановий портландцемент, шлакопортландцемент, глиноземистий та напружувальний цемент. Заповнювачі застосовують з високою щільністю, такі як лимонит, магнезит, барит, обрізки заліза, подрібнений бурий залізняк, чавунний скрап; добавки – карбід бору, хлорид літію, сірчаноокислий кадмій. Границя міцності при стиску 100...300 МПа.

### Легкі бетони

Для легких бетонів характерні висока морозостійкість, висока пористість, низька теплопровідність, незначна маса виробів, тому невисока вартість транспортних затрат. При застосуванні легких бетонів знижуються затрати на опалення будівель. Часто для виготовлення легких бетонів застосовують відходи промисловості. Густина таких бетонів 200...2000 кг/м<sup>3</sup>.

Залежно від способу створення пористості всі легкі бетони поділяють на 3 групи:

- 1 – легкі бетони на пористих заповнювачах;
- 2 – крупнопористі бетони (без піску);
- 3 – ніздрюваті (чарункуваті, поризовані), структура яких являє собою штучно створені пористості – чарунки, які замінюють зерна заповнювача.

За призначенням поділяються на

теплоізоляційні (густина  $\rho_m \leq 500 \text{ кг/м}^3$ ;  $\lambda \leq 0,2 \text{ Вт/мК}$ ),

конструкційні ( $\rho_m = 1400...2000 \text{ кг/м}^3$ ;  $\geq B5$ ;  $\geq F15$ );

конструкційно-теплоізоляційні ( $\rho_m = 200...2000 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda \leq 0,64 \text{ Вт/мК}$ ).

## Легкі бетони на пористих заповнювачах

Легкі бетони відрізняються від звичайних важких бетонів особливостями заповнювачів. Пористі заповнювачі мають невисоку (до 1400 кг/м<sup>3</sup>) насипну густину, малу міцність (1,5...35 МПа), значну шорсткість та нерівність поверхні, високе водопоглинання, дуже велику пористість, невисоку морозостійкість (до F15).

*Середня густина* – важлива характеристика бетонів, від неї залежать міцність, теплопровідність, усадка, звукопроникність тощо. Середня густина бетону залежить від середньої густини заповнювачів. Є такі марки легких бетонів за середньою густиною у сухому стані: D200...2000.

*Міцність* характеризує клас бетону – основний показник міцності. Міцність бетону можна записати залежністю

$$R_b = A_2 \cdot R_u \cdot \left( \frac{C}{B} - \epsilon_2 \right),$$

де  $A_2$  та  $\epsilon_2$  – величини, які залежать від якості заповнювача, тобто чим міцніший заповнювач, тим більші ці коефіцієнти.

*Структура легкого бетону*. Об'єм бетону повинен бути максимально заповненим крупним заповнювачем, тоді витрата цементу буде мінімальною. Витрата води не залежить від витрати цементу, а є постійною величиною для певної кількості крупного заповнювача, оскільки тільки він регламентує водопотребу. Це пояснюється тим, що водопоглинальні властивості пористих заповнювачів дуже високі.

*Теплопровідність* легких бетонів набагато менша, ніж теплопровідність важких бетонів. Вона залежить від теплофізичних характеристик крупного заповнювача, їх середньої густини, вологості бетону. Коефіцієнт теплопровідності  $\lambda = 0,07...0,52$  Вт/мК. Зі збільшенням вологості коефіцієнт теплопровідності зростає.

*Морозостійкість* характеризується маркою F25...F500, причому підвищують морозостійкість легких бетонів, вводячи до їх складу (на стадії приготування бетонної суміші) повітровтягувальних добавок. Морозостійкість буде невисокою, коли у бетоні є заповнювачі зі слабо випаленими (недопаленими) зернами, незгорілими вуглистими залишками.

*Водонепроникність* легкого бетону характеризується марками W0,2; W0,4; W0,6; W0,8; W1; W1,2.

*Деформативні властивості*. Тріщиностійкість легких бетонів менша, ніж тріщиностійкість важких бетонів, а усадка і повзучість більша, ніж ці ж характеристики важкого бетону.

Склад легкого бетону

*Заповнювачі* – сипкі пористі матеріали, насипна густина яких не перевищує 1200 кг/м<sup>3</sup> – для дрібних заповнювачів (пісків) і 1000 кг/м<sup>3</sup> для крупних заповнювачів (щебеню чи гравію). Пористі неорганічні заповнювачі можуть бути природними або штучними. Природні заповнювачі отримують шляхом подрібнення і фракціонування гірських порід: пемзи, вулканічного туфу, пористих вапняків, вулканічного шлаку, вапняків-черепашників, вапнякових туфів, опоки, трепелу, діатоміту. Штучні легкі заповнювачі отримують шляхом механічної або термічної обробки силікатної чи глинистої сировини, просіюванням, подрібненням. Їх поділяють на продукти, що є відходами промисловості та спеціально виготовлені пористі заповнювачі.

*Відходи промисловості* – пісок та щебінь, отриманий з гранульованого або спученого металургійного шлаку.

- *Гранульований шлак* – дрібнозернистий (5...7мм) пористий матеріал, отриманий при швидкому охолодженні розплавів металургійного шлаку. Густина його 500...1200 кг/м<sup>3</sup>.
- *Шлакова пемза (термозит)* – пористий матеріал, отриманий з розплавленого металургійного шлаку при особливих режимах охолодження (спучення парами води). Це найдешевший матеріал. Густина 300...1000 кг/м<sup>3</sup>.

#### *Спеціально виготовлені пористі заповнювачі*

- *Керамзитовий гравій* (у випадку дрібніших фракцій – пісок) – матеріал округлої форми, отриманий випалюванням глини, яка спучується внаслідок виділення газів. Пісок отримують механічним подрібненням щебеню чи керамзитового гравію. Насипна густина гравію 250...600 кг/м<sup>3</sup>, піску 600...800 кг/м<sup>3</sup>.
- *Керамічний порожнистий гравій* – матеріал округлої форми, отриманий випалюванням спеціально виготовлених порожнистих глиняних гранул.
- *Спучений перліт та спучений вермикуліт* отримують спученням при випалюванні відповідної водомісткої гірської сировини.
- *Глинозольний керамзит* виготовляють з легкоплавких глин з додаванням золи від спалювання торфу, вугілля. Застосовують у вигляді гравію та піску. Властивості аналогічні як керамзиту.
- *Аглопорит* отримують на агломераційних установках з глинястої сировини, відходів вуглебагачення, паливних зол, шлаків, додають близько 10% кам'яного вугілля. Поризація утворюється внаслідок вигорання палива і часткового спучення газами при випалюванні. Аглопорит може бути у вигляді гравію чи подрібненого на щебінь з густиною 400...900 кг/м<sup>3</sup>, або піску з густиною 600...1100 кг/м<sup>3</sup>.
- *Зольний гравій* отримують зі сформованих гранул попелу (золи) теплоелектростанцій. Густина зольного гравію 700...1000 кг/м<sup>3</sup>.

#### *Органічні заповнювачі*

- *Відходи деревини.*
- *Стебла бавовни, соняшника, кукурудзи.*
- *Костриця.*

- *Гранули пінополістиролу.*

*В'язучі* – портландцемент, швидкозастійний портландцемент, шлакопортландцемент, для автоклавних бетонів – вапно, вапняно-кремнеземисті в'язучі, вапняно-нефелінові, вапняно-шлакові, вапняно-пуцоланові, вапняно-зольні, гіпсоцементно-пуцоланові.

*Вода* для приготування легких бетонів застосовується чиста, питної якості, або очищена технічна (аналогічно як і для важких бетонів).

Для регулювання властивостей легкого бетону застосовують

- *добавки пластифікуючої дії* (тонкомелені доменні гранульовані шлаки, діатоміт, трепел, опока, туф, пемза, трас),
- *пороутворювальні* (алюмінієвий порошок, пергідроль, смолосапонін),
- *прискорювачі твердіння* (хлористий кальцій у кількості 1...2% від маси цементу).

*Формування* виробів включає інтенсивне ущільнення, вібрування з привантаженням, вібропрокатування.

### Крупнопористий бетон

Бетонну суміш виготовляють з таких компонентів: цемент, вода, крупний заповнювач. Пісок (дрібний заповнювач) не додається. Структура такого бетону характеризується наявністю крупних пор, які утворилися внаслідок відсутності піску, тому цементне тісто лише частково заповнило міжзерновий простір.

Крупний заповнювач фракціонований, щоб забезпечити максимальну пористість. Застосовують щебінь та гравій природного походження з щільних та пористих гірських порід, а також штучного походження – паливні шлаки, цегляний бій.

В'язуче – цемент марок 300, 400, 500. Витрата його невелика – 70...150 кг/м<sup>3</sup>. Цементу потрібно стільки, щоб укрити кожне зерно крупного заповнювача тонким шаром цементного розчину. Для економії цементу і для покращення властивостей суміші додають пластифікуючі добавки.

Коефіцієнт теплопровідності становить 0,3...0,98 Вт/мК.

Крупнопористий бетон працює лише на стиск. З нього виготовляють монолітні конструкції, збірні стіни опалюваних будівель з обов'язковим оштукатурюванням поверхонь, звукопоглинальні плити і блоки, теплоізоляційні плити і панелі.

Склад крупнопористого бетону записується співвідношенням цементу до крупного заповнювача, наприклад, 1 : 10, 1: 20.

## Поризовані бетони

Ці бетони ще називають *ніздрюватими, чарункуватими*. Вони є різновидом легких і особливо легких бетонів і характеризуються наявністю значної кількості штучно створених умовно замкнених пор у вигляді чарунок, розмірами 0,5...2 мм, заповнених повітрям чи газом.

Дрібні повітряні пори рівномірно розподілені у тілі бетону, розділені тонкими міцними перегородками із затверділого цементного каменю, який утворює несучий просторовий каркас матеріалу.

### *Класифікація*

За *способом отримання* поділяють на пінобетони та газобетони:

- газобетони отримують шляхом введення газоутворювача у суміш в'язучої речовини, води та кремнеземистого компонента;
- пінобетони отримують при змішуванні суміші води, в'язучої речовини, кремнеземистого заповнювача зі стійкою піною.

За *видом в'язучої речовини* газобетони та пінобетони виготовляють

- на основі портландцементу,
- цементно-вапняних в'язучих;
- вапняно-нефелінових в'язучих;
- на основі меленого вапна-кипілки (газосилікат та піносилікат);
- газошлакобетон та піношлакобетон виготовляють на основі суміші вапна та тонкомелених доменних гранульованих шлаків.

За *видом кремнеземистого компоненту* поділяють

- газосилікати та пінобетони на меленому піску,
- газозолобетони та пінозолосилікати – на золах ТЕС (замість піску).

За *умовами твердіння* –

- пропарені;
- автоклавні.

За *призначенням* – теплоізоляційні (густина до 500 кг/м<sup>3</sup>, міцність до 2,5 МПа), конструкційні (густина 900...1200 кг/м<sup>3</sup>, міцність 7,5...10 МПа), конструкційно-теплоізоляційні (густина 500...900 кг/м<sup>3</sup>, міцність 2,5...7,5 МПа).

### Властивості поризованих бетонів

Поризовані бетони характеризуються низькою середньою густиною, великою пористістю, невисокою міцністю (причому, автоклавні бетони мають більшу міцність, ніж пропарені), низькою теплопровідністю ( $\lambda = 0,07...0,25$  Вт/мК), високою морозостійкістю. Для поризованих бетонів характерні значні усадочні деформації, у виробі утворюються тріщини, що зменшує довговічність виробів. Щоб зменшити усадку, додають немелений пісок, знижують витрату води замішування, застосовуючи гідрофобні добавки, формують виріб вібруванням з подальшим твердінням у автоклаві.

## Матеріали для бетону

*В'язучі* – мелене магнезіальне негашене вапно, гіпс, рідке скло, додають СДБ; для газобетонів автоклавного твердіння – портландцемент, шлакопортландцемент, нефеліновий цемент (нефеліни – відходи виробництва алюмінію та бокситів; нефеліновий цемент містить 70...75% нефеліну, 20...25% цементного клінкеру, 4% гіпсу), пуцолановий цемент, вапно з кремнеземистими компонентами; для бетонів, що тверднуть у пропарювальних камерах – цементи марок 400, 500 і вище з додаванням прискорювачів твердіння. Для виготовлення залізобетонних виробів для прискорення твердіння застосовують рідке скло, для виготовлення бетонних не армованих виробів як прискорювач твердіння застосовують хлористий кальцій, сірчаноокислий глинозем. Для сповільнення гашення меленого вапна-кипільки застосовують тонкомелений двоводний гіпс.

*Кремнеземисті компоненти* – мелений кварцовий пісок, золи ТЕС, мелені діатоміти, вулканічний попіл та інші матеріали зі вмістом  $\text{SiO}_2$ .

*Піноутворювачі* – клеєканіфольний (для виготовлення одного  $\text{m}^3$  пінобетону густиною 700...750  $\text{kg/m}^3$  необхідно піноутворювач у такому складі: клей 0,12 – 0,20  $\text{kg}$ , каніфоль 0,1 – 0,14  $\text{kg}$ , їдкий натр 0,02  $\text{kg}$ ), смолосапоніновий (0,6 – 0,8  $\text{kg}$ ); гідролізована кров – ГК (2 – 2,5  $\text{kg}$ ) з додаванням сірчаноокислого заліза в кількості 0,05 – 0,1  $\text{kg}$ ; сірчано кислий глинозем (1,2 – 1,7  $\text{kg}$ ) з їдким натром (0,16 – 0,21  $\text{kg}$ ).

*Газоутворювачі* –

- *алюмінієва пудра* (марки ПАК-3, ПАК-4), де вміст активного алюмінію 82%; витрата 0,25 – 0,6  $\text{kg/m}^3$ . Газовиділення починається через 1 – 2 хв., триває протягом 12 – 20 хв. Зберігають у герметичній металевій тарі. Пожежонебезпечна!
- *Пергідроль* – 80% водний розчин перекису водню. Прозора рідина, змішується з водою у довільній кількості, застосовують 9 – 10  $\text{kg/m}^3$ .

## Виробництво пінобетону

Пінобетон отримують змішуванням цементного тіста чи розчину зі стійкою піною. Після затвердіння отримується бетон ніздрюватої структури. Пінобетонозмішувач має 3 барабани (з готовим тістом, піною та для їх спільного перемішування протягом 2 – 3 хв.), далі суміш поступає в бункер, звідки розливається у форми.

Виготовляють *теплоізоляційний пінобетон* у вигляді блоків 1000x500x500 мм, які потім розпилюють на плити завтовшки 5...12 см, застосовують для теплоізоляції залізобетонних покриттів, перегородок. Міцність теплоізоляційного пінобетону до 2,5 МПа, коефіцієнт теплопровідності 0,10...0,20  $\text{Вт/мК}$ .

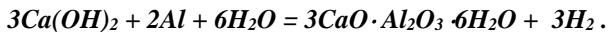
*Конструкційно-теплоізоляційний пінобетон* застосовують для влаштування огороджуючих конструкцій, він має міцність 2,5...7,5 МПа,  $\lambda = 0,20...0,40 \text{ Вт/мК}$ .

*Конструкційний пінобетон* застосовують для виготовлення покриттів у вигляді армованих сітками з дроту діаметром 3 – 5 мм виробів, для тришарових

конструкцій стін, покриттів, для теплоізоляції труб. Його міцність може досягати 15 МПа, а  $\lambda = 0,40 \dots 0,60$  Вт/мК.

### ВИРОБНИЦТВО ГАЗОБЕТОНУ

Газобетон отримують шляхом спучення тіста з в'язучої речовини із заповнювачами або без них. Процес газоутворення (а точніше, закінчення процесу) повинен співпадати з початком тужавлення суміші. Строки тужавлення регулюють: прискорюють двоводним гіпсом, а сповільнюють технічним цукром (патокою). Ці добавки вносять у кількості не більше  $0,1 - 0,25$  кг/м<sup>3</sup>. Для виготовлення газосилікату використовують вапно I гатунку, швидкогашене, маломagneзіальне, пісок з вмістом глини не більше 1%, газоутворювач – алюмінієва пудра. Газоутворення описане реакцією:



Внаслідок реакції виділяється водень і спучує тісто, яке твердне і зберігає пористу структуру. Алюмінієву пудру, для кращого розподілення у суміші, використовують у вигляді водної суспензії. При виготовленні алюмінієву пудру на заводі парафінують, тому часточки не змочуються водою. Перед використанням її прожарюють в електропечах при температурі  $+200^\circ\text{C}$  за особливими режимами, виключаючи загоряння порошку і вибух.

Мелений пісок і вода подається в змішувач (гідродинамічний змішувач – ГДС-3, віброгазобетонозмішувач – СМС-40), додається цемент, вода, алюмінієва пудра, немелений пісок. Після перемішування протягом 3 хв. суміш виливається у форми. Після нетривалого часу сформовані масиви розрізають машиною СМ-1211 на дрібні блоки і подають у автоклави ( $t = 175^\circ\text{C}$ ,  $p = 0,8$  МПа), звідки пакетами на склад.

При застосуванні іншого газоутворювача – пергідролу відбувається така реакція



Газовиділення починається дуже швидко і закінчується через 7 – 10 хв., тому суміш заливають у форми не пізніше, як за 3 хв. Після замішування. На основі пергідролу найчастіше виготовляють конструктивний газобетон, густиною  $1100 \dots 1200$  кг/м<sup>3</sup>, міцністю до  $10 \dots 12$  МПа. У порівнянні з пінобетоном газобетон простіший у виготовленні, вироби мають меншу густину і масу, вищу пористість, пори дрібніші, якість стійкіша.

### Тема 7. ТЕХНОЛОГІЯ БЕТОНУ

1. Приготування бетонної суміші.
2. Транспортування. Вкладання. Ущільнення.
3. Догляд за бетоном у ранньому віці влітку та взимку.

## Приготування бетонної суміші

Основні технологічні операції: 1. Дозування вихідних матеріалів; 2. Перемішування.

Дозатори (мірники) бувають як постійної (безперервної) дії, так і періодичної дії з ручним, автоматичним, напівавтоматичним управлінням.

Автоматичні дозатори - найточніші, у них найвища швидкість зважування і найлегші в управлінні. При зважуванні спочатку набирається близько 90% від необхідної маси, а потім решта.

Перемішування бетонної суміші відбувається у бетонозмішувачах безперервної чи періодичної дії. За способом перемішування бетонозмішувачі бувають

- з гравітаційним змішуванням (перемішування відбувається у вільному падінні компонентів),
- з примусовим перемішуванням (для малорухомих бетонних сумішей).

Бетонозмішувачі випускають на 100 л, 250 л, 425 л, 1200 л, 2400 л, 4500 л.

Час перемішування залежить від рухливості суміші, від об'єму бетонозмішувача. Так, при об'ємі 400 л час перемішування до 1 хв., при 4500 л – близько 30 хв. Час перемішування для жорстких сумішей майже у 2 рази більший, ніж для рухливих сумішей. Для приготування жорстких і особливо жорстких сумішей використовують віброзмішувачі.

У струменевих змішувачах створюється псевдокиплячий шар поданим стиснутим повітрям під тиском близько 0,3 МПа і перегрітою парою при температурі 85 – 95<sup>0</sup>. Перемішування і нагрівання бетонної суміші відбувається одночасно. Температура у змішувачі 60 – 65<sup>0</sup>.

## Транспортування бетонної суміші

Транспортування бетонної суміші відбувається

- на стрічкових конвеєрах;
- у бункерах і вагонетках на колесах;
- підвісними баддями;
- бетононасосами;
- самохідними виробункерами;
- автосамоскидами.

## Укладання та ущільнення бетонної суміші

Цей процес досить трудомісткий та енергомісткий. Застосовують механізм – бетоноукладальник. Його завдання – так вкласти бетонну суміш у форму, щоб у ній не лишилось вільних місць, особливо ретельно слід закладати кути, звужені місця.

Після укладання – процес ущільнення. Вибір способу ущільнення залежить від рухливості бетонної суміші. Для жорстких бетонних сумішей потрібне енергійне

ущільнення, тому застосовують *інтенсивну вібрацію, вібрацію з пресуванням, трамбування, пресування, прокатування*.

Для рухливих бетонних сумішей застосовують *вібрацію*, а для порожнистих виробів – *центрифугування*. Литі бетонні суміші ущільнюються під дією власної ваги. Для бетонів з високоякісною поверхнею застосовують *вакуумування*.

Найчастіше для ущільнення застосовують вібрування, часто в поєднанні з іншими видами – *вібротрамбування, вібропресування, вібропрокатування*.

*Вібрування* – ущільнення бетонної суміші при частоті коливань близько 3000 кол./хв. Відбувається в результаті передачі суміші періодичних поштовхів (примусових коливань) чи струшувань. В кожен момент струшування частинки бетонної суміші перебувають у зваженому стані, зв'язок з іншими частинками руйнується. При наступних поштовхах часточки під дією власної ваги падають і займають найвигідніше положення. Врешті решт суміш ущільнюється. Амплітуда коливань становить 0,3 – 0,35 мм для рухливих, 0,5 – 0,7 мм для жорстких сумішей. Час вібрування має бути оптимальним (при надмірному вібруванні може настати розшарування бетонної суміші).

Вібромеханізми застосовують як *переносні*, так і *стаціонарні*. Вони є електромеханічні (найпоширеніші), електромагнітні, пневматичні.

Для ущільнення бетонних сумішей при влаштуванні підлог, доріг, плит застосовують *поверхневі вібратори*. Вони передають коливання на суміш через металеву площадку. Суміш ущільнюється на глибину до 20 – 30 см. Час ущільнення 1 хв., потім переміщують на інше місце.

Для ущільнення бетонних сумішей у масивних конструкціях зі значною висотою шару застосовують *глибинні вібратори* (типу вібробулави, високочастотного глибинного вібратора) з гнучкими валами, що закінчуються невеликим робочим органом – вібронасадкою з ексцентричним вантажем.

*Віброплощадки* застосовують для ущільнення бетонної суміші у переносних формах, які ставляться саме на віброплощадку. Тому віброплощадку виконують у вигляді плоского стола, який через пружинні опори опирається на нерухомі опори чи раму (станину). До нижньої частини столу прикріплено вібровал з ексцентриками. Вал обертається від електродвигуна. Ексцентрики збуджують вимушені коливання стола, що передаються формі і ущільнюють бетонну суміш. Потужність віброплощадки дорівнює її вантажопідйомності і становить 2...24 т.

Для формування штучних виробів невеликих розмірів (наприклад, силікатної цегли) або як додаткове прикладання механічного навантаження до вібрування застосовують *пресування*. Пресуючий тиск становить 10...50 кПа. Пресують плоскими або профільними штампами (так зване штампування). Таким способом виготовляють сходові марші, ребристі панелі.

Різновидом пресування є *прокатування* – пресуючий тиск передається бетонній суміші через каток. При цьому пресуючий тиск зменшується, але при недостатній зв'язності бетонної суміші може відбутися її розрив.

*Центрифугування* відбувається в результаті дії відцентрових сил, що виникають при обертанні. Центрифуги мають трубчастий переріз, обертаються зі швидкістю до 10 – 16 рад/сек. Отримуються вироби високої щільності, значної

міцності (40 – 60 МПа), високої довговічності. Недоліки цього методу – значна потреба в цементі (400 – 450 кг/м<sup>3</sup>) для того, щоб зв'язність суміші була високою, бо відбудеться розшарування. Центрифугуванням виготовляють труби, опори ліній електропередач, стояки для вуличного освітлення тощо.

*Вакуумування* поєднують з вібуванням. Тривалість обробки 1 – 2 хв. на 1 см товщини виробу. Вакуумують переважно масивні конструкції для надання їм максимальної щільності на поверхні.

### Твердіння бетону і догляд за ним

Бетон твердне поступово залежно від твердіння цементного тіста. На початку процесу твердіння міцність наростає інтенсивно, потім процес сповільнюється. Наростання міцності залежить від температури та вологості середовища. Нормальні умови для твердіння температура  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , вологість 90 – 100%. При температурі 70 – 90<sup>0</sup>С і вологості 100% міцність наростає дуже інтенсивно, а при 0<sup>0</sup>С наростання міцності бетону припиняється. При зростанні вологості міцність бетону зростає, а при зниженні вологості – навпаки.

Прискорити твердіння бетону можна підвищенням температури: прогрівання паром; прогрівання у водному чи газовому середовищі, прогрівання електрострумом, введення спеціальних добавок – прискорювачів твердіння.

### Догляд за бетоном у ранньому віці

У цей період слід

- не допускати порушення структури бетону;
- не допускати пересихання поверхні;
- накривати поверхню плівками (бітумними, емульсійними, латексними, з синтетичних каучуків);
- горизонтальні поверхні після процесу тужавлення посипати мокрим піском, стружками і поливати водою в прохолодну погоду – кілька днів, у жарку погоду – до двох тижнів;
- в холодну пору року запобігати переохолодженню і замерзанню.

### Бетонування взимку

При температурі нижчій за 20<sup>0</sup>С набування міцності бетоном сповільнюється, а при зниженні температури до нуля і нижче припиняється набування міцності, бетон замерзає. Пізніше при температурі вищій від 0<sup>0</sup> настає відтавання і продовжуються процеси твердіння і набування міцності, проте міцність не досягне проектних значень, причому слід знати, що чим раніше бетон замерз, тим нижчою буде в кінцевому результаті його міцність.

Зимове бетонування вивчали С.А.Миронов, В.А.Сизов, Г.Г.Совалов.

При зимовому бетонуванні не допускають замерзання бетону протягом усього терміну твердіння. Нормальні умови твердіння досягаються двома способами:

- використання внутрішнього тепла;
- надання додаткового тепла зовні.

Для скорочення строків твердіння до 3 – 5 діб

- використовують високоміцні швидкотверднучі цементи (портландцементи марок 400, 500, глиноземистий цемент);
- знижують водоцементне відношення;
- інтенсивно ущільнюють бетонну суміш;
- вводять протиморозні добавки ( $\text{CaCl}_2$ );
- підігрівають компоненти бетонної суміші (воду до  $80^{\circ}$ , заповнювачі до  $40^{\circ}$ , при перемішуванні температура бетонної суміші становить близько  $30^{\circ}$ . Підвищувати температуру вище – недоцільно, бо суміш швидше тужавіє і легковкладальність її зменшується).

Щоб зберегти тепло свіжовкладений бетон утеплюють, застосовуючи так званий метод “термосу” – накривають бетон теплоізоляційними матеріалами (тирса, шлак, очерет, солом’яні мати тощо). Цей спосіб застосовують найчастіше у масивних конструкціях. Для тонких конструкцій застосовують інший спосіб “тепляк” – свіжовкладену бетонну суміш прогрівають до температури  $50 - 80^{\circ}$  парою чи електрострумом.

## Тема 8. ЗАЛІЗОБЕТОННІ ВИРОБИ

1. Загальні відомості.
2. Робота бетону та арматури.
3. Класифікація залізобетонних виробів.
4. Номенклатура залізобетонних виробів.
5. Способи виготовлення збірних залізобетонних елементів.
6. Твердіння виробів.

Збірні залізобетонні вироби – відносно новий вид конструктивних елементів будівель і споруд. Почали використовувати з кінця позаминулого століття. У кінці 20-х років, на початку 30-х двадцятого століття з’явилися перші будівлі, основною частиною яких є збірні залізобетонні вироби. Проте низький рівень механізації будівництва тоді був перешкодою для широкого використання залізобетонних виробів.

Переваги залізобетону:

- використання крупнорозмірних залізобетонних елементів дозволяє перенести з будмайданчику на завод основну частину будівельних робіт;
- універсальність якостей залізобетонних виробів (високоміцні, водонепроникні, жаростійкі, низько теплопровідні);
- довговічні;

- скорочення витрат металу.

Недоліки:

- значна маса;
- висока собівартість;
- значні транспортні витрати.

*Залізобетон* – штучний матеріал, у якому вигідно поєднується спільна робота бетону і сталі. Бетон добре працює на стиск ( $R_{\text{стиску}} > R_{\text{розтягу}}$  в 10 – 15 разів), а сталь – на розтяг. Спільно ці матеріали добре працюють при всіх видах навантажень і впливів – при позacentровому чи центральному стиску, розтягу, вигині тощо.

## КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ

**За видом армування** залізобетонні вироби бувають зі звичайним армуванням та з попередньо напруженим армуванням.

*Звичайне армування.* При виготовленні залізобетонних виробів у них закладають металеві стержні, сітки, каркаси. Такі конструкції найчастіше застосовують при стискуючих навантаженнях, прикладених центрально чи позacentрово, в згинальних елементах з невеликими робочими прольотами. Бетон розтягується мало (1 – 2 мм на 1 м довжини) при вигині, а сталь при тих же навантаженнях розтягується у 5 – 6 разів більше. Тому у розтягнутій зоні утворюються тріщини, що призводить до збільшення прогинів елемента. У тріщини потрапляє волога, відкрита арматура кородує і руйнується. Елемент конструкції експлуатувати неможливо. Для уникнення такої ситуації у відповідальних місцях, де можуть в елементах виникнути тріщини, застосовують конструкції попередньо напружені.

*Попередньо напружене армування.* Бетон попередньо стискують у місцях можливого розтягу. Є два способи виготовлення попередньо напружених залізобетонних конструкцій. Перший спосіб – *натяг арматури на упори* (на форму). До затвердіння бетону у форму закладають арматуру. З одного боку арматуру добре закріплюють на упори. З другого боку натягують арматуру спеціальними пристроями і закріплюють. Закладають бетонну суміш, ущільнюють. Після твердіння бетону арматуру звільняють від натягу і вона обтискає бетон. Другий спосіб – *натяг арматури на бетон*. Після набуття бетоном певної міцності арматуру розміщують у каналах, залишених у бетоні. Після затвердіння бетону арматуру натягують і закріплюють на кінцях конструктивними анкерами. Канали заповнюють ін'єкційним розчином.

Переваги попередньо напружених залізобетонних виробів:

- підвищення тріщиностійкості;
- зниження маси;
- підвищення довговічності;
- зниження витрати арматури.

**За об'ємною масою** залізобетонні вироби поділяються на

*особливо важкі*, густина понад 2500 кг/м<sup>3</sup>;

*важкі* 1800...2500 кг/м<sup>3</sup>;

*легкі* 500...1800 кг/м<sup>3</sup>;

*особливо легкі*, густина яких до 500 кг/м<sup>3</sup>.

**За видом бетону та в'язучої речовини** залізобетонні вироби бувають з цементних важких бетонів на звичайних щільних заповнювачах; з особливо важких бетонів; з легких бетонів на пористих заповнювачах; з силікатних бетонів – щільних чи легких на пористих заповнювачах; з поризованих (чарункуватих, ніздрюватих) бетонів; зі спеціальних бетонів (термостійких, хімічно стійких, гідротехнічних, декоративних тощо).

**За структурою** залізобетонні вироби поділяються на *суцільні* або *порожнисті, одношарові* або *багатошарові (двошарові)*.

**За призначенням** залізобетонні вироби бувають:

*для житлових та громадських будівель;*

*для промислових будівель;*

*для інженерних споруд;*

*загального призначення.*

**За способом виготовлення:** *монолітні та збірні.*

*Монолітні* – виготовлені безпосередньо на будівельному майданчику. Для них характерні одноразові витрати на створення виробничої бази, проте тут велика затрата ручної праці, значні терміни будівництва, ускладнення будівництва взимку.

*Збірні* залізобетонні вироби виготовляють у заводських умовах. У цьому випадку зростає продуктивність праці, підвищується заводська готовність виробів, скорочуються терміни будівництва, знижується витрата лісоматеріалів для опалубки та риштування, скорочуються витрати на зимове будівництво.

## НОМЕНКЛАТУРА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ

Всі залізобетонні вироби поділяються на

- *лінійні* (колони, ригелі, балки, прогони, палі, перемички, ферми тощо),
- *площинні* (плити покриттів і перекриттів, панелі стін і перегородок, підпірні стінки, стінки бункерів тощо),
- *блокові* (масивні вироби фундаментів, стіни підвалів, інших огорожувальних конструкцій),
- *просторові* (об'ємні елементи конструкцій – санітарні кабінки, ліфти, кільця колодязів, короби).

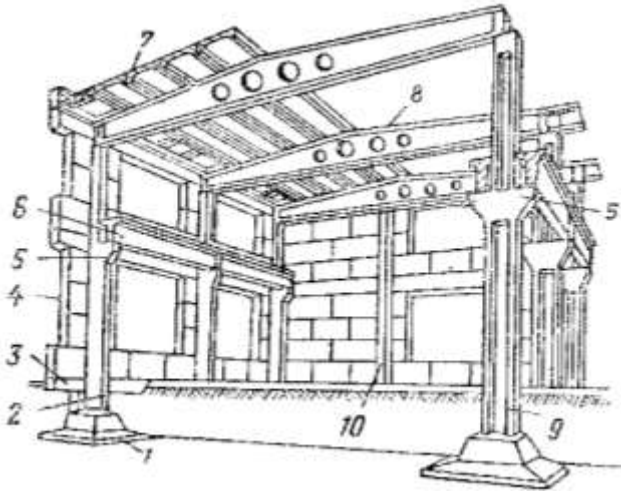


Рис. 9.1. Фрагмент одноповерхової промислової будівлі: 1 – фундамент; 2 – колона крайнього ряду; 3 – фундаментна балка; 4 – стінова панель; 5 – консоль колони; 6 – підкранова балка; 7 – панель покриття; 8 – балка покриття; 9 – колона середнього ряду; 10 – колона торцевого фахверку

*Фундаментні плити* – висота 40 – 50 см, ширина 120 – 320 см, довжина 80, 100, 120 см, армовані у нижній частині зварною сіткою. Виготовляють з бетону класу С8/10.

*Фундаментні блоки(блоки стін підвалу)* – висота 60 см, ширина 40 – 60 см, довжина до 3 м. З важкого бетону класу С8/10. Армують лише монтажною арматурою (для зручності монтажу). Маса їх до 3 тон. Бувають суцільні та порожнисті.

*Колони* виготовляють з важкого бетону класів С12/15 – С32/40, залежно від діючих навантажень та конструктивних параметрів. Бувають суцільного поперечного перерізу або двовіткові, одно - чи двоконсольні або безконсольні. Армують просторовими каркасами.

*Фундаменти під колони (башмаки)* стаканного типу виготовляють з бетону класів С8/10 – С16/20. Армують зварними сітками.

*Підкранові балки* виготовляють з важкого бетону класів С20/25 – С32/40 лише попередньо напруженими таврового чи двотаврового перерізу. Їх довжина 6 чи 12 м.

*Стінові панелі* застосовують як для зовнішніх огорожень, так і для внутрішніх стін. Для неопалюваних будівель зовнішні стінові панелі виготовляють з важкого чи легкого бетону класів С12/15 і вище, фасадна сторона оздоблюється. Для опалюваних будівель зовнішні стінові панелі виготовляють з легких поризованих бетонів або шаруваті з теплоізоляцією з пінополістиролу, мінеральної вати, легких

поризованих бетонів. Внутрішні стінові панелі виготовляють з важкого чи легкого бетону класу С8/10 і вище. Панелі армовані сітками.

*Стінові блоки* для зовнішніх та внутрішніх стін виготовляють суцільними або порожнистими. Армовані просторовими каркасами. Їх середня густина 600...1200 кг/м<sup>3</sup>, міцність при стисканні 5...20 МПа.

*Елементи збірних сходів* – сходові марші, площадки, східці, проступи. Сходові марші завдовжки до 3,6 м, шириною до 1,8 м виготовляють у спеціальних формах, що мають заданий ступінчастий переріз. Проступи оздоблюють цементним розчином з мармуровою крихтою чи іншою фактурою. Сходові площадки виконують у вигляді прямокутної ребристої плити з бетону класу С12/15, армовані зварною сіткою та каркасами у ребрах. Їх оздоблюють мозаїкою чи декоративними розчинами з високою зносостійкістю. Аналогічні за виготовленням та матеріалами балконні плити.

*Плити перекриття* виконують порожнистими (з овальними чи круглими порожнинами), суцільними або ребристими. Їх виготовляють з важкого бетону класів С12/15 – С20/25. Армують зварними каркасами, сітками, при потребі попередньо напружуваною арматурою.

*Балки покриттів* виконують двосхилими, з паралельними поясами, гратчастими, з бетону класів С20/25 – С32/40. Армують просторовими і пласкими каркасами, попередньо напружуваною арматурою. Їх довжина 6, 9, 12, 18, 24 м.

*Ферми, арки* покриттів застосовують для прольотів 18, 24, 30, 36 м. Нижній пояс їх попередньо напружений. Інші елементи армуються просторовими каркасами. Виготовляють ці конструкції з бетону класів С25/30 – С32/40.

*Об'ємні елементи.* Цілі квартирні блоки заводського виготовлення, включаючи сантехніку, електротехнічні пристрої, вбудовані меблі, кухонне обладнання. На заводі з окремих плоских елементів збирають цілі об'ємні блоки або виготовляють їх монолітними (часто економічніші) в об'ємних формах. В залежності від планування блоки-квартири бувають: дві житлові кімнати; житлова кімната, кухня, санвузол; сходові клітка, кухня, санвузол. Така номенклатура дає змогу отримувати одно-, дво-, трикімнатні квартири.

*Сантехнічні кабінки та вироби,* включаючи мережі водопостачання, каналізації, опалення, сміттєпровід, вентиляції – із збірних елементів заводського виготовлення на будмайданчику монолітно з'єднують.

### **Залізобетонні вироби спеціального призначення**

*Транспортне будівництво* – мостові конструкції, опори електромереж, шпали, тубінги, плити дорожніх та аеродромних покриттів виготовляють з важкого бетону класів С20/25 – С35/40, високої морозостійкості та водонепроникності. Для конструкцій зі значними прольотами застосовують попередньо напружувану арматуру.

*Гідротехнічне будівництво* – залізобетонні труби безнапірні діаметром 10 – 60 см, завдовжки 1 – 2 м, напірні труби діаметром 50 – 120 см, завдовжки 4, 6 м; балки, безбалкові перекриття, фундаментні плити, підпірні стінки виготовляють з

бетону С12/15 – С32/40 з підвищеними вимогами до морозостійкості, водостійкості, тріщиностійкості.

*Архітектурні деталі* (плоскі оздоблювальні плити, карнизи, барельєфи, пілястри, капітелі колон, розеток) та огорожі виготовляють з атмосферостійких звичайних чи декоративних бетонів класів С20/25 – С32/40 морозостійкості F25 і вище. Щоб уникати забруднень, поверхня має бути щільною і гладенькою.

*Сільськогосподарське будівництво* – силосні вежі, бункери, траншеї виготовляють зі збірних залізобетонних кілець; лотки, труби, стовпи для меліоративних систем. На поверхню залізобетонних виробів наносять захисний шар для запобігання дії на бетон органічних кислот.

## ВИРОБНИЦТВО ЗАЛІЗБЕТОННИХ ВИРОБІВ

Технологічний процес складається з таких операцій:

1. Приготування бетонної суміші.
2. Виготовлення арматурних виробів.
3. Армування виробів.
4. Формування та ущільнення виробів (при потребі укладається теплоізоляція).
5. Температурно-вологова обробка.
6. Декоративне оздоблення лицьової поверхні.

### СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА ЗАЛІЗБЕТОННИХ ВИРОБІВ

*Виготовлення виробів у нерухомих формах* (від підготовки форм до розпалублення – все виконується на одному місці). Формування виробів може відбуватися на плоских стендах (рис. 9.2), у матрицях, у касетах.

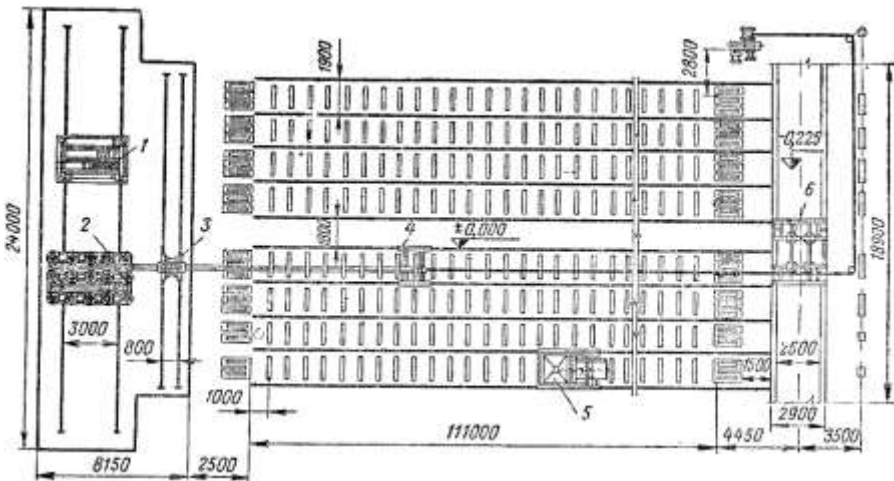


Рис. 9.2. Стен для виготовлення попередньо напружених балок:

1 – установка для натягу арматури; 2 – бунтотримачі з дротовою арматурою; 3 – натяжний пристрій; 4 – візок для подачі арматури; 5 – бетоноукладальник; 6 – траверса

*Виготовлення виробів у рухомих формах.* Деякі операції виконуються на спеціалізованих постах. Форму і виріб разом з формою пересувають по цих постах, де і виконують певні операції. При *конвеєрному* способі (рис. 9.3) постів найбільше. При *поточно-агрегатному* способі (рис.9.4) на одному посту виконують декілька операцій – наприклад, вкладання арматури, вкладання і ущільнення бетонної суміші.

При *безперервному формуванні* залізобетонні вироби формують на вібропротатному стані (рис. 9.5). Це один з нових способів виготовлення залізобетонних виробів з досить високою продуктивністю праці, максимальним використанням виробничих площ, зниженням матеріаломісткості виробів.

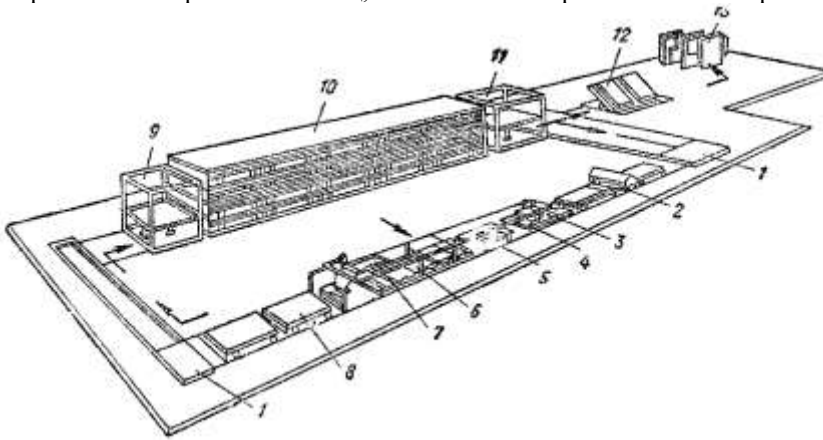


Рис. 9.3. Конвеєрний спосіб виготовлення панелей зовнішніх стін: 1 – візок; 2 – пост очищення і змащування форм; 3 – пост вкладання фактурного шару; 4 – пост укладання арматурного каркасу і закладних деталей; 5 – вібронасадка; 6 – пост укладки бетону; 7 – пост вібрування з привантаженням; 8 – пост технічного контролю; 9 – піднімач; 10 – камери термообробки; 11 – спускач; 12 – кантувач; 13 – відділок комплектації

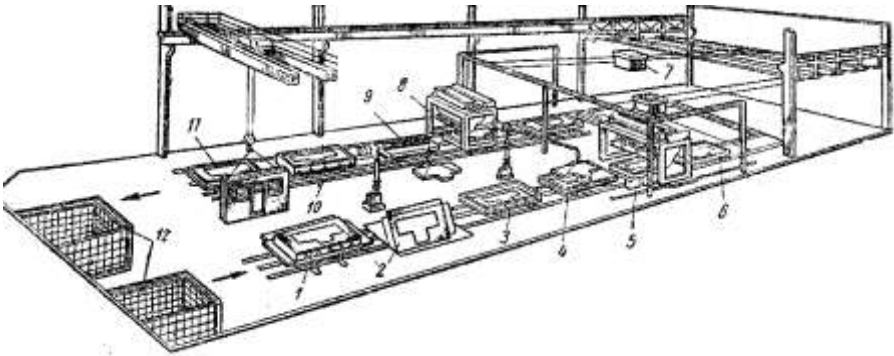


Рис. 9.4. Схема агрегатно-поточного способу виготовлення збірних залізобетонних виробів: 1 – розкриття бортів форми з пропареною панеллю; 2 – знімання притискного щита кантування панелей; 3 – очистка і змащування форм; 4 – заповнення форми арматурним каркасом, закладними деталями і встановлення притискного щита; 5 – заповнення форми легким бетоном і ущільнення; 6 – передача форми з панеллю на траверсний візок; 7 – роздача бетонної суміші самохідними візками; 8 – нанесення декоративного шару; 9 – пункт контролю; 10 – комплектація панелі; 11 – технічний контроль і стропування панелі перед відправкою у пропарювальну камеру 12

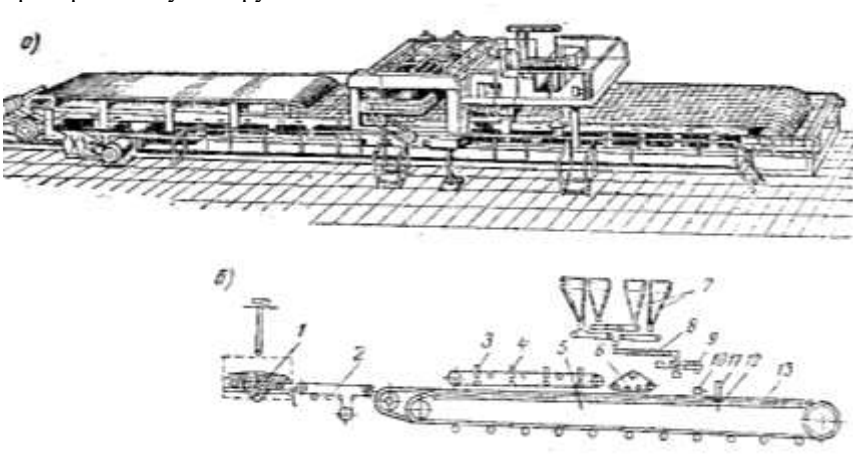


Рис. 9.5. Вібропркатний стан: а) загальний вигляд; б) – технологічна схема: 1 – кантувач; 2 – обгінний конвеєр; 3 – притискні валки з пневмоциліндрами; 4 – конвеєр; 5 – прокатний стан; 6 – калібруючі секція; 7 – дозатори; 8 – шнек попереднього перемішування; 9 – бетонозмішувач; 10 – фреза; 11 – віброрейка; 12 – вібробалка; 13 – приймальна секція

## АРМУВАННЯ

За способом армування вироби поділяються на попередньо напружені та зі звичайним армуванням. За призначенням арматура поділяється на робочу (основну), монтажну, конструктивну. Робоча арматура ставиться у місцях, де виникають розтягуючі напруження. Монтажна арматура – у вигляді закладних деталей, петель, гаків. Арматурні вироби (сітки, плоскі та просторові каркаси, окремі стержні різної конфігурації) виготовляють у арматурних цехах, оснащених різальними, вигинальними, зварювальними апаратами. Стержньову арматуру постачають завдовжки 13 м або іншої необхідної довжини, не більшої за 13 м, дровову арматуру, канати у мотках (бунтах).

У арматурних цехах виконують такі операції:

- підготовка дрової чи стержньової арматури – чистка, правка, різка, стикування, гнуття. Для цього арматурні цехи обладнані правильно-різальними автоматами;
- збирання плоских сіток та каркасів;
- виготовлення просторових каркасів, включаючи приварювання монтажних петель, закладних деталей.

При виготовленні попередньо напружених конструкцій по всьому перерізу бетону або лише в розтягнутій зоні створюють попереднє обтискання бетону. Для цього використовують високоміцний дрід, канати, високоміцну термічно зміцнену стержньову арматуру, арматурні пучки, арматурну сталь класу А400С, зміцнену витягуванням.

## СПОСОБИ НАТЯГУ АРМАТУРИ

1. *Механічний спосіб* – осьовий розтяг домкратами та іншими механізмами. Спочатку, на першому етапі, набирають 50% від проектного натягу, перевіряють упорні затиски, розміщення. Другий етап - натягують ще на 10% від проектного напруження і витримують 5 хв. Третій етап – досягають проектного напруження арматури, закріплюють її в такому стані; укладають бетонну суміш, ущільнюють її і подають на твердіння. Коли бетон набере певної міцності, натяг арматури відпускається, виконується це у два – три етапи, а не одразу.

2. *Електротермічний спосіб* – видовження арматури відбувається внаслідок нагрівання її електрострумом. Видовжену арматуру анкерують на упори, охолоджують, виконують бетонування і т.д.

3. *Безперервний механічний та електротермічний натяг*. По периметру піддона чи стенда поставлені штирі. Навколо штирів навівають, фіксуючи положення, попередньо напружений дрід. Розміщується така арматура у поздовжньому, поперечному чи у просторовому напрямках. Бетон отримує двовісний, тривісний чи просторовий обтиск. Застосовуються машини з поворотним столом-платформом, з поворотною траверсою, з поздовжньо-поперечним рухом каретки і нерухомим контуром, з поступально-зворотнім рухом каретки і обертальним сердечником чи контуром.

Основні вузли машини:

- розмотка дроту;
- напруження дроту;
- переміщення контуру;
- вкладання дроту на штирі чи сердечник.

Щоб не було обриву дроту, його підігрівують електрострумом на деяких ділянках.

### ФОРМУВАННЯ ВИРОБІВ

При формуванні залізобетонних виробів виконують 2 групи операцій:

- перша – підготовка форм (виготовлення, очищення, змащування, збирання);
- друга – укладання та ущільнення бетону. Форми застосовують дерев'яні (досить дешеві, проте технічна оборотність їх невисока – до 10 разів), металеві, залізобетонні, металозалізобетонні.

Для змащування форм застосовують такі суміші:

- олійні емульсії з кальцинованою содою;
- мильно-глиняні;
- мильно-цементні;
- крейдяно-графітні.

Способи формування: стендовий, поточно-агрегатний, конвеєрний, безперервне формування, на двоярусних станах.

### ТВЕРДІННЯ ВИРОБІВ

Твердіння залізобетонних виробів повинно відбуватися при вологості 100% за такими режимами:

- нормальний при температурі 15 – 20<sup>0</sup>С;
- теплообробка при температурі до 100<sup>0</sup>С і нормальному тиску;
- у автоклаві – пропарювання при  $t = 170 - 200^{\circ}\text{C}$  і тиску 0,8– 1,2МПа.

*Нормальний режим* не потребує ніяких затрат. Відпускна міцність – близько 70% від проектної (твердіння протягом 7 – 10 діб). Недолік – зайняті значні виробничі площі. Для здешевлення та прискорення твердіння застосовують прогресивні технології – використовують швидкотверднучі цементи, жорсткі бетонні суміші, інтенсивне ущільнення, добавки для прискорення твердіння, гарячі бетонні суміші.

*Теплообробка* при нормальному тиску триває протягом 10 – 16 годин, набирається проектна міцність бетону. Переважно застосовують пропарювання в камерах (рис. 9.6), а також електропрогрівання, контактний обігрів, витримання у басейнах з гарячою водою.

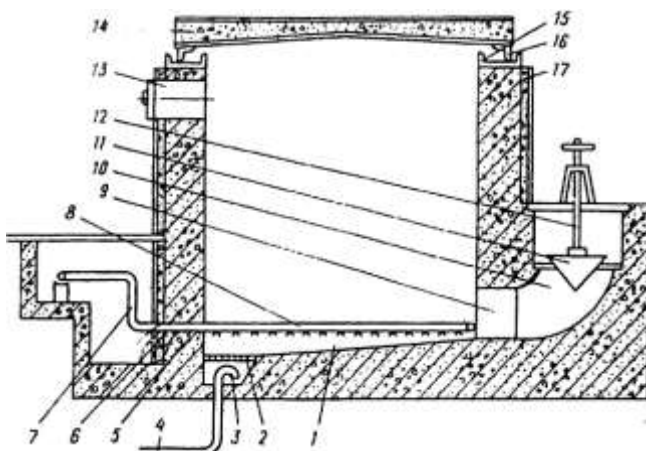


Рис. 9.6. Пропарювальна камера: 1 – підлога; 2 – трап, 3 – пристрої та 4 – система для відведення конденсату; 5 – стіни камери; 6 – отвір для введення пари; 7 – трубопровід; 8 – перфорована труба; 9 – отвір для вентиляції при охолодженні; 10 – канал для відбору пароповітряної суміші; 11 – конус герметизації; 12 – черв'ячний гвинт; 13 – припливний затвор для впускання повітря; 14 – кришка; 15 – швелер; 16 – кутувик; 17 – теплоізоляція

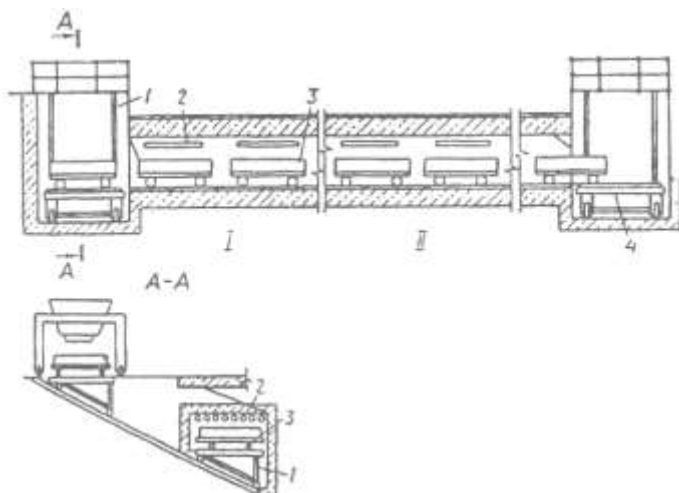


Рис. 9.7. Щілинна камера для теплообробки залізобетонних виробів: I – зона нагрівання; II – зона ізотермічного витримування; 1 – спускач; 2 – нагрівачі; 3 – візок з виробом; 4 – піднімач

У автоклаві (рис. 9.8) за 8 – 10 годин набирається проектна міцність бетоном. У автоклаві виготовляють бетони класів С16/20 і вище.

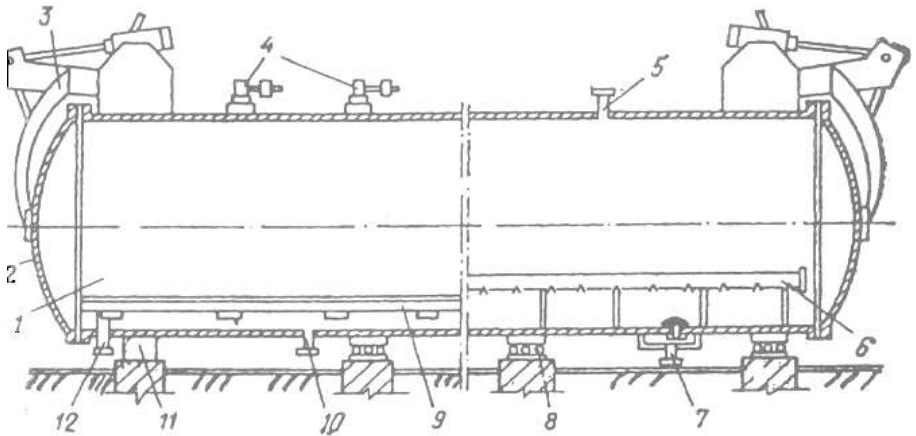


Рис. 9.8. Схема автоклаву: 1 – корпус; 2 – кришка; 3 – механізм кришки; 4 – попереджувальний клапан; 5 – патрубок для перепуску пари; 6 – перфорована трубка; 7 – патрубок для виведення конденсату; 8 – рухливі опори; 9 – рейки; 10 – вакуум-система; 11 – нерухома опора; 12 – патрубок для введення пари

## Тема 9. БУДІВЕЛЬНІ РОЗЧИНИ

1. Класифікація будівельних розчинів.
2. Склад розчинів та матеріали для них.
3. Властивості розчинової суміші.
4. Призначення розчинів, їх властивості; залежність складу від призначення.

Будівельні розчини – затверділа суміш в'язучої речовини, дрібного заповнювача (піску), води. Розчини нагадують дрібнозернисті бетони.

### КЛАСИФІКАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ

*За середньою густиною у сухому стані:* важкі,  $\rho \geq 1500 \text{ кг/м}^3$ ;  
легкі,  $\rho < 1500 \text{ кг/м}^3$ .

*За видом в'язучої речовини:* цементні, вапняні, гіпсові, мішані.

*За призначенням:* мурувальні (для кам'яного будівництва та кладки стін з різних каменів та крупних елементів); монтажні (для заповнення швів між великими елементами під час монтажу будівель з готових збірних конструкцій); опоряджувальні (для штукатурки); спеціальні - з особливими властивостями (акустичні, рентгенозахисні, тампонажні та ін.).

*За фізико-механічними властивостями:* за міцністю при стиску марки М4, М10, М25, М50, М75, М100, М150, М200; за морозостійкістю 9 марок від F10 до F300 (характеризують довговічність розчину).

## СКЛАД РОЗЧИНУ

Склад розчину позначають відношенням між компонентами у сухому стані за масою чи об'ємом. Витрата в'язучого становить 1. Прості розчини містять цемент та пісок (наприклад, у співвідношенні 1 : 6), мішані включають цемент, вапно (глину), пісок (наприклад, 1 : 0,45 : 5).

*В'язуча речовина* – цемент, вапно, гіпс, цемент + вапно тощо.

*Дрібний заповнювач* – для важких розчинів – кварцові піски, польовошпатні піски; для легких розчинів – туфові піски, черепашкові піски, шлакові піски.

*Пластифікуючі мінеральні та органічні добавки* (вапняне чи глиняне тісто, діатоміт, трепел, опока, мелені шлаки, золи ТЕС) – для зниження розшарованості, збільшення водоутримувальної здатності, для покращення легковкладальності.

*Поверхнево активні речовини* застосовують для збільшення пластичності розчину, зниження витрати води, підвищення морозостійкості, зниження водопоглинання, зниження усадки розчину - омилений деревний пек, каніфольне масло, милонафт, гідролізована кров.

*Прискорювачі твердіння* (хлорид кальцію, хлорид натрію, хлорне вапно) застосовують у розчинах для зимового будівництва. Вони знижують температуру замерзання суміші.

*Сповільнювачі тужавлення* вводять при транспортуванні для зберігання розчину і запобіганню передчасному тужавленню.

Приготування розчинів відбувається у централізованому порядку на бетонних заводах чи вузлах, включає процеси дозування, перемішування. Перевозять у автоцистернах з автозавантажуванням, на автосамоскидах у вигляді сухих сумішей чи готових розчинів певної консистенції марки, якості.

## ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ

*Рухливість* розчинової суміші – це її здатність розтікатися під дією власної ваги чи зовнішніх сил. Ступінь рухливості розчинової суміші визначається глибиною занурення стандартного металевого конуса масою 300 г, з кутом при вершині 30°. Будівельні розчини для мурування, штукатурних робіт мають рухливість 6 – 10 см, для бутової кладки – 4 – 6 см. Рухливість розчинової суміші залежить від вмісту води, яка не повинна перевищувати межі, при якій може відбутися розшарування суміші.

*Легкоукладальність* розчинової суміші – це здатність її легко, з мінімальними затратами енергії вкладатись на основі тонким рівномірним шаром, який міцно зчеплюється з поверхнею основи. Залежить від ступеня рухливості і водоутримувальної здатності.

*Водоутримувальна здатність* це властивість розчинової суміші не розшаровуватись під час транспортування, зберігати достатню вологість у тонкому шарі на пористій основі.

Міцність затверділого розчину залежить від активності в'язучої речовини, цементно-водного відношення. Для розчинів на портландцементі міцність розраховується за формулою

$$R_p = 0,25R_c(C/B - 0,4),$$

де  $R_c$  – активність цементу, МПа;

$C$  – витрата цементу, т/м<sup>3</sup>;

$B$  – витрата води, м<sup>3</sup>.

Цю формулу застосовують для розчинів, вкладених на щільну основу (якщо на пористу, то вода всмоктується і розчин ущільнюється, міцність тоді зростає в 1,5 рази).

Міцність розчину на 28-у добу після твердіння визначають за формулою:

$$R_{28} = \kappa R_c(C - 0,05) + 4,$$

де  $\kappa$  – коефіцієнт, що залежить від якості піску:

- для дрібного піску  $\kappa = 1,4$ ;
- для середнього  $\kappa = 1,8$ ;
- для крупного  $\kappa = 2,2$ .

Міцність мішаних розчинів залежить від добавок – вапна, глини, інших тонкомелених мінеральних речовин. Міцність характеризується маркою, що визначається границею міцності при стиску зразків розмірами 7,07 x 7,07 x 7,07 см при температурі 15 – 25<sup>0</sup>С. Зразки виготовляють на водовідштовхувальній основі. При температурі до 10<sup>0</sup>С міцність розчину наростає значно повільніше.

Для зведення зовнішніх стін з каменю застосовують змішані розчини (цементно-вапняні, цементно-глиняні) марок М10, М25, М50; для кладки перемичок, прорізків, карнизів, стовпів – М100; для виготовлення віброцегляних панелей – М75, М100, М150.

*Морозостійкість* характеризується числом циклів наперемінного заморожування і відтавання зразків-кубів розмірами 7,07 x 7,07 x 7,07 см у насиченому водою стані з втратою маси до 5% і зниженням міцності до 25%. Для зведення стін, зовнішньої штукатурки застосовують розчини марок за морозостійкістю F10, 15, 25, 35, 50, для приміщень з вологими режимами експлуатації F100, 150, 200, 300.

## ВИДИ РОЗЧИНІВ

### Мурувальні та монтажні розчини

*На основі портландцементу і шлакопортландцементу* (цемент + вода + пісок) мають високу міцність, хімічну стійкість:

- для монтажу стін з панелей, блоків;
- для виготовлення віброцегляних панелей;
- для підземної кладки;
- для мурування нижче гідроізоляційного шару, коли ґрунт насичений водою;
- для звичайної кладки на основі розчинів високих марок;
- для мурування методом заморожування.

*На основі вапна, глини* (цемент + вапняне чи глиняне тісто + пісок + вода) мають високу пластичність, легкоукладальність, добре зчеплюються з поверхнею, дають малу усадку, довговічні, але повільно тверднуть.

Застосовують:

- для конструкцій, що працюють у надземних частинах будівель.  
*На основі вапна і місцевих в'язучих* (вапняно-шлакових, вапняно-пуцоланових) мають високу легкоукладальність, міцність, морозостійкість;
- для малоповерхового будівництва;
- для зведення підземних і надземних частин будівель невисокої поверховості.  
*На пуцоланових і сульфатостійких портландцементях*
- для конструкцій, які працюють в умовах агресивних середовищ, стічних вод тощо.

Для надання потрібної рухливості та водоутримувальної здатності до розчинових сумішей додають *пластифікатори*: вапняне чи глиняне тісто. При веденні робіт в зимовий час вводять хімічні *протиморозні* добавки для зниження температури замерзання розчину і прискорення набирання ним міцності – поташ (10 – 15% маси води), нітрит натрію (5 – 10% маси води).

Для легких розчинів з підвищеною теплоізоляцією кладки як заповнювач використовують шлак, пемзу, туфи.

### **Опоряджувальні розчини**

Ці розчини готують на цементних, цементно-вапняних, вапняних, вапняно-гіпсових, гіпсових в'язучих. Вони поділяються на розчини для зовнішніх та внутрішніх штукатурок.

*Зовнішня штукатурка* виступаючих частин будівлі (цоколі, пояски, карнизи тощо), де властиве постійне зволоження, виконується на цементних, цементно-вапняних розчинах на портландцементі. Для заводського оздоблення лицьових поверхонь стінових панелей, блоків застосовують декоративні кольорові розчини на портландцементі. Для опорядження фасадів, виготовлення елементів декору застосовують вапняно-цементні розчини.

Для *внутрішнього опорядження* кам'яних, бетонних стін при вологості до 60% застосовують цементно-вапняні розчини, а для дерев'яних, гіпсових конструкцій – вапняно-гіпсові розчини.

### **Спеціальні розчини**

*Розчини для заповнення швів* між елементами збірних залізобетонних конструкцій, рухливість їх 7 – 8 см, марка М100 і вище, на портландцементі і кварцовому піску. При наявності закладних деталей та арматури прискорювач твердіння – хлорид кальцію, що викликає корозію металу, не застосовується.

*Ін'єкційні розчини*, марок М300 і вище, застосовують для заповнення каналів попередньо напружених конструкцій. Компоненти – кварцовий пісок, цемент марки не нижче М400.

*Гідроізоляційні розчини* виготовляють на цементах марки М400 і вище або на водонепроникних розширних цементах складу 1 : 2,5; 1 : 3,5.

*Тампонажні розчини* застосовують для тампонування нафтових свердловин, у тунелебудуванні. Вони повинні мати високу однорідність, водостійкість,

рухливість. В'яжучі – тампонажний портландцемент, шлакопортландцемент (в агресивних водах), пуцолановий чи сульфатостійкий портландцемент. Густина 1650 – 2000 кг/м<sup>3</sup>, марки 25 – 100.

*Акустичні розчини* застосовують для зниження шумів у вигляді звукопоглинальної штукатурки. Їх густина 600 – 1200 кг/м<sup>3</sup>, висока пористість. В'яжучі – портландцемент, шлакопортландцемент, вапно, гіпс, каустичний магнезит. Заповнювачі – пемза, шлак, керамзит, перліт.

*Рентгенозахисні розчини* використовують для штукатурки стін і підлог рентген-кабінетів. Їх густина понад 2200 кг/м<sup>3</sup>. В'яжучі – портландцемент, шлакопортландцемент. Заповнювачі – барит та інші важкі породи у вигляді пісків. Додатки – речовини, що містять елементи – водень, літій, кадмій, бор.

*Розчини для підлог* найчастіше мають рухливість 11 – 13 см. Їх застосовують у самовирівнюючих сумішах, а також для кладки бруківки, мозаїки, плитки, клінкеру. Металоцементні розчини для підлог включають знежирену сталеву стружку, цемент, воду; їх марка М500 і вище. Для влаштування підполу застосовують цементно-тирсові розчини. Склад – портландцемент, пісок, деревна тирса. Полімерцементні розчини – цемент + дрібний заповнювач + вода + дисперсний полімер; застосовують їх для непроникності підлог щодо води, масел, нафтопродуктів, агресивних середовищ.

## Тема 10. СИЛКАТНІ ВИРОБИ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДІННЯ

1. Основи автоклавної технології.
2. Силікатна цегла.
3. Силікатні бетони, їх виготовлення, властивості, використання.

У 1880 році вперше встановлено, що при автоклавному твердінні (тиск не нижче 0,8 МПа, температура не нижче 170<sup>0</sup>С) вапняно-піщаних сумішей отримуються дуже міцні, водостійкі та довговічні вироби. У звичайних умовах пісок у вапняно-піщаних сумішах – інертний і не здатний до хімічної взаємодії з вапном. А в середовищі насиченої пари при вологості 100% і високій температурі кремнезем піску стає хімічно активним і взаємодіє з вапном:



утворюючи гідросилікат кальцію – дуже міцну і водостійку речовину.

Бетони з вапняно-піщаних сумішей мають ті ж властивості, що і цементні бетони, проте вони дешевші за рахунок економії цементу.

Із вапняно-піщаних сумішей виготовляють великогабаритні вироби для збірного будівництва – блоки, панелі для стін, перекриттів, а також поштучні вироби – силікатна цегла, каміння для стін, силікатні плити для облицювання фасадів.

### Сировина

*Вапно* – мелене (кипілка, пушонка або частково загашене вапно), середньої швидкості гідратації, з незначним виділенням тепла, рівномірно випалене, вміст MgO

до 5%, час гашення до 20 хв. Застосування недовипаленого вапна (з певним вмістом вапняку –  $\text{CaCO}_3$ ) приведе до перевитрат вапна, але міцність виробу зросте. Перепалене вапно сповільнює швидкість гідратації вапна, у виробих з'являються тріщини, спучування і відколювання частин готового виробу, тому вміст перепаленого вапна недопустимий.

*Кварцовий пісок* застосовують у немеленому, грубо меленому вигляді, суміші немеленого і тонкомеленого кремнезему  $\text{SiO}_2$  не нижче 70%. Деякі домішки негативно впливають на якість виробів: слюда (допустимий вміст до 0,5%) знижує міцність виробів; сірчані домішки (вміст до 1%); органічні домішки спучують, знижують міцність виробів; глина (до 10%) знижує якість виробів, проте, коли глина рівномірно розмішана у суміші, то це підвищує легкоукладальність сировинної суміші.

*Вода* повинна бути чистою, без шкідливих домішок.

*Добавки* – шлаки, попіл від спалювання сланців та вугілля, вигорілі породи. При твердінні у автоклаві багато шлаків і попелу можуть частково або цілком замінити вапно як в'язуче. Їх можна використовувати як заповнювачі для виготовлення ніздрюватих бетонів (газосилікатів). Шлак і попіл повинні бути чистими, без сміття, відходів деревини.

### **Силікатна цегла**

Силікатна цегла – штучний невипалюваний стіновий матеріал, виготовлений з суміші кварцового піску та гашеного вапна шляхом пресування та подальшого твердіння в автоклаві під дією пари високого тиску.

*Виробництво* силікатної цегли включає такі етапи:

1. Добування і просіювання піску.
2. Випалення вапна і подрібнення (помел).
3. Перемішування піску з вапном-кипільною.
4. Гашення суміші.
5. Пресування виробів.
6. Автоклавне твердіння.

*Способи виготовлення* (залежно від способу гашення вапняно-піщаної суміші): барабанний, силосний. *Барабанний* – гашення відбувається в обертальному барабані протягом 35 – 40 хв. за допомогою пари. *Силосний* – попередньо змішують пісок, вапно, воду і суміш подають у силоси для гашення протягом 7 – 12 годин. Отже, барабанний спосіб в 10 – 15 разів швидший від силосного.

*Автоклав* – сталевий циліндр діаметром 2 м, завдовжки 20 м. На торцях герметичні кришки. Температура близько  $170^\circ\text{C}$ , пара під тиском 0,8МПа протягом 6 – 8 годин (піднімають і знижують тиск протягом 1,5 годин). Цикл запарювання в автоклаві триває протягом 10 – 14 годин. Під дією високої температури і вологості протікає хімічна реакція між вапном та кремнеземом піску з утворенням міцного гідросилікату. Твердіння виробу у автоклаві завершене, міцність продовжує наростати і після запарювання. Частина вапна, що не вступила в реакцію з

кремнеземом, реагує з вуглекислим газом повітря, утворюючи міцний вуглекислий кальцій:

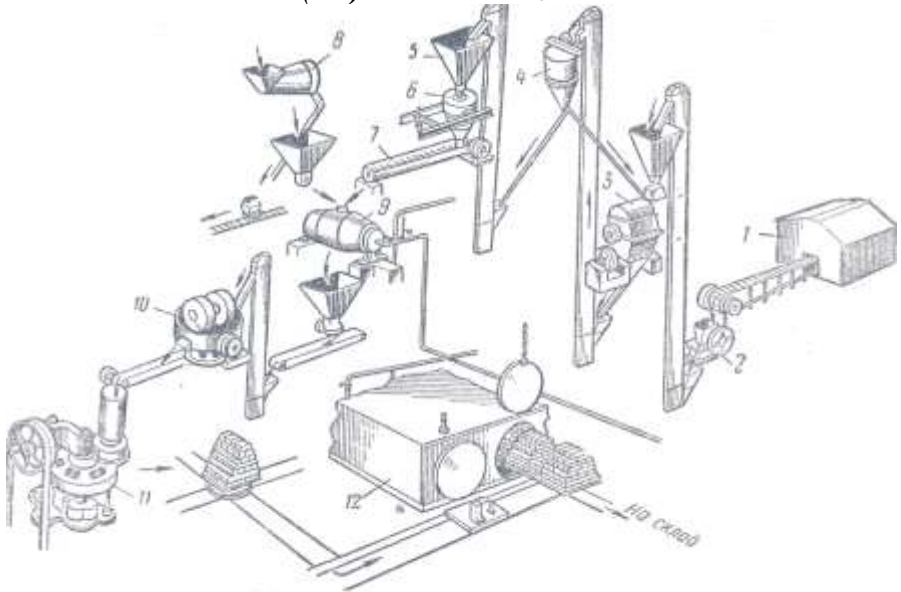
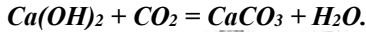


Рис. 11.1. Схема барабанного способу виготовлення силікатної цегли: 1 – склад вапна; 2 – дробарка; 3 – млини; 4 – сепаратор; 5 – бункер меленого вапна; 6 – вага; 7 – шнек; 8 – барабан для сортування піску; 9 – гасильний барабан; 10 – бігуни для перемішування і подрібнення маси; 11 – прес; 12 – автоклав

*Цегла* виготовляється одинарна (250 x 120 x 65), потовщена (250 x 120 x 138); модульна (250 x 120 x 88) густина 1800 – 1900 кг/м<sup>3</sup>, маса однієї цеглини до 4,3 кг; суцільна або порожниста густиною до 1400 кг/м<sup>3</sup>. Марка цегли за міцністю М100, 125, 150, 200, 250; за морозостійкістю F15 і вище. Водопоглинання цегли до 16%, коефіцієнт теплопровідності 0,71 – 0,87 Вт/мК. Застосовують цеглу для кладки стін поряд з глиняною цеглою, проте не застосовують її для фундаментів, цоколів, стін нижче гідроізоляційного шару. Не допускається застосування силікатної цегли для будівель з вологим режимом роботи без спеціального захисту від зволоження, в умовах високих температур (печі, труби), бо відбувається дегідратація гідросилікату кальцію, і гідрату окису кальцію і цегла руйнується. Перевагою виготовлення силікатної цегли є те, що вона за собівартістю дешевша від глиняної на 25 – 35%, на її виробництво потрібно в 2 рази менше пального, в 3 рази менше електроенергії, в 2,5 рази менша трудомісткість виробництва.

*Вапняно-попелова цегла* та *вапняно-шлакова цегла* – це різновиди силікатної цегли, але з дещо кращими теплоізоляційними властивостями, з меншою середньою густиною, бо в них замінено важкий кварцовий пісок на шлак чи попіл. Для

виготовлення вапняно-шлакової цегли використовують 3 – 12% вапна і 88 – 97% шлаку; для вапняно-попелової цегли – 20 – 25% вапна, 75 – 80% попелу. Зола (попіл) отримується як відходи при спалюванні кам'яного вугілля, бурого вугілля чи іншого палива на котельних ТЕС, ГРЕС. Попіл утворюється в топках і найменші частинки виносяться з газами у димоходи, вловлюються золовловлювачами і подаються у золовідвали з утворенням так званої “золи-уносу”. У такій золі є 5% СаО, вона сама з водою не тверде, тому додають ще вапно, або цемент і автоклавне твердіння забезпечує необхідну міцність виробу. При спалюванні деяких горючих сланців утворюється попіл з вмістом до 15% СаО. Ці золи можуть тверднути без добавок вапна. Цегла з такого попелу називається сланцезольна (сланцепопелова). Процес виробництва такої цегли аналогічний до виробництва силікатної. Розміри 250 x 120 x 140 мм, густина 1400 – 1600 кг/м<sup>3</sup>, коефіцієнт теплопровідності 0,6 – 0,7 Вт/мК, марки М25, 50, 75. Застосовують для мурування стін заввишки до 3-х поверхів, для верхніх поверхів висотних будівель.

*Силікатні бетони* отримують в результаті автоклавного твердіння раціонально підбраної суміші вапняно-кремнеземистої в'язучої речовини та заповнювачів. Класифікують їх за густиною, за крупністю заповнювачів, за видом заповнювачів, структурою, пластичністю суміші, призначенням. Переважно використовують дрібнозернисті силікатні бетони. Основні технологічні етапи:

1. Приготування вапняно-кремнеземистої суміші.
2. Дозування компонентів.
3. Перемішування бетонної суміші.
4. Формування виробів.
5. Твердіння у автоклаві.

Властивості силікатних бетонів близькі до властивостей цементних бетонів. Застосовують їх для виготовлення звичайних та попередньо напружених залізобетонних конструкцій, стінових блоків, панелей настилів, панелей перекриття. стійкість силікатних бетонів у воді дещо нижча, ніж цементних. Підвищити водостійкість можна додатковою обробкою бітумом, за допомогою карбонізації, покриттям кремнійорганічними водовідштовхувальними речовинами; створенням водостійкої гідросилікатної зв'язки з малорозчинних силікатів кальцію з доменним шлаком.

Силікальцит – різновид силікатних бетонів. Особливість його виготовлення полягає у перемішуванні вапна і піску в швидкісному дезінтеграторі. Це дає змогу рівномірно розмішати компоненти, збільшити зчеплення, при якому зросте міцність, морозостійкість.

## **Тема 11. МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ З ДЕРЕВИНИ**

1. Будова деревини.
2. Основні породи деревини.
3. Властивості деревини. Вологість.
4. Вади деревини.

5. Довговічність деревини. Обробка антипіренами та антисептиками.
6. Сушіння деревини.
7. Піломатеріали.

Деревина широко застосовується у будівництві завдяки своїм властивостям.

Їй властива

- значна міцність при розтягу і стиску,
- невелика густина,
- низька теплопровідність,
- технологічність при обробці,
- гарна текстура.

Запаси деревини не безмежні, тому скорочують її використання, де це можливо, замінюють склом, бетоном, пластмасами. Відходи деревини застосовують для виготовлення різних матеріалів та виробів.

Деревина має ряд недоліків:

- неоднорідність будови,
- гігроскопічність,
- займистість,
- здатність до загнивання.

Для усунення цих негативних якостей деревину обробляють антипіренами, антисептиками, просочують полімерами.

Дереvinу застосовують для

- виробництва паркету,
- дверних та віконних коробок,
- вбудованих меблів,
- дверних полотен,
- кріпильного риштування шахт,
- фанери, ДСП, ДВП, арболіту, декоративних виробів.

### **Будова деревини**

Дерево складається з коріння, стовбура, крони. Основна частина – стовбур, це 60 – 90% ділової деревини. Верхня частина стовбура називається вершиною, а нижня окоренком.

*Макроструктура* – будова деревини, що видна неозброєним оком чи при незначному збільшенні. Вивчають 3 основні розрізи стовбура: торцевий (поперечний), радіальний (проходить через стрижень), тангентальний (проходить паралельно до осі стовбура). На торцевому розрізі стовбура видно такі шари:

- *кора*, яка захищає дерево від зовнішніх впливів і механічних пошкоджень, становить 6 - 2% усього об'єму дерева, складається з шкірки та лубу;
- *луб'яний шар* у ростучому дереві постачає поживні речовини і в ньому відкладаються ці поживні речовини;

- *камбій* – тонкий шар живих клітин, які ростуть і діляться, причому в бік луба – луб’яні клітини, до центру – клітини деревини і їх значно більше. Взимку камбій не росте. Влітку утворюється щільна – пізня деревина, навесні пориста нещільна рання деревина;
  - *заболонь* – світла частина деревини – молоді клітини, по них рухається волога з поживними речовинами. У свіжозрубаному дереві заболонь є вологою, легко загниває, має низьку міцність, велику усушку, а тому здатна коробитися;
  - *ядро* – центральна темна частина деревини з відмерлих клітин, з невисокою вологістю, вищою міцністю і твердістю, стійка до загнивання;
  - *стрижень (серцевина)* знаходиться у центральній частині стовбура, найслабша тканина, найлегше загниває, утворена великими тонкостінними клітинами, не з’єднаними між собою;
  - *стрижневі промені* – вузькі смужки з тонкостінних клітин, які, починаючи від стрижня, ідуть до кори у радіальному напрямку (первинні), і вторинні – на деякій відстані від стрижня і до кори. По них переміщуються волога і поживні речовини. При висиханні колода може розколюватися по цих променях;
  - *річні шари (кільця)* утворюються в період росту. Навесні – рання світла деревина, влітку – пізня деревина, темна, міцна.
- Залежно від будови деревини породи поділяються на
- *ядрові* (сосна, дуб, модрина, ясен),
  - *заболонні*, які не мають ядра (береза, осика, граб, липа),
  - *породи зі стиглою деревиною* – мають однакове забарвлення поперечного перерізу (бук, ялина, ялиця).

### Мікроструктура деревини

Деревина складається з живих та відмерлих клітин. Жива клітина складається з оболонки, плазми, ядра. Оболонка з целюлози чи клітковини ( $C_6H_{10}O_5)_n$ . Клітина росте, оболонка дерев’яніє. Плазма і ядро утворює протопласт.

За формою клітини поділяються на

- *паренхимні* – живі, округлі, або дещо витягнуті з великим протопластом;
- *прозенхимні* – у вигляді волокон, дуже витягнуті з відмерлим протопластом.

За функціями клітини бувають

- *провідні* – проводять поживні речовини, воду (трахеї, судини, трахеїди);
- *запасуючі* – нагромаджують поживні речовини у великих. Стінки таких клітин тонкі, протопласт великий;
- *опорні* – мають невелику порожнину і товсті міцні стінки, найстійкіші до загнивання;
- *ходи для нагромадження смолистих речовин* - у хвойних порід, завдяки чому зростає їх стійкість та довговічність.

### Основні породи дерев

*Хвойні:*

- *сосна* – має високу міцність, низьку щільність; густина 470 – 540 кг/м<sup>3</sup>, деревина смолиста, важко піддається загниванню. Використовується у вигляді кругляка, пиломатеріалів, столярних виробів, меблів. Ядро бурочервоного кольору, заболонь жовта;
- *ялина* – стиглодеревинна, мало смолиста, міцність висока, густина 440 – 500 кг/м<sup>3</sup>; якість деревини близька до соснової, недолік – багато сучків, через що трудність обробки. Застосовують для виготовлення будівельних конструкцій;
- *модрина* (рос. - *лиственница*) – ядрова смолиста порода, щільна, тверда, густина 630 – 730 кг/м<sup>3</sup>. Застосовують для мостобудування, у гідротехнічному будівництві, як рудникові стояки. Схильна до розтріскування;
- *ялиця* (рос. - *пихта*) – безядрова, не має смоляних ходів, менш стійка. Використовують у невологіх умовах;
- *кедр* – ядрова порода, механічні властивості дещо гірші, ніж у сосни. Використовують як будівельний ліс, пиломатеріали, столярка;
- *тис* – ядрова порода. Виготовляють меблі.

### ***Листяні:***

- *дуб* – ядрова порода, має високу міцність, в'язкість, стійкість щодо загнивання, гарну текстуру; щільність 720 кг/м<sup>3</sup>. При перебуванні у воді – морений дуб. Використання – мостобудування, гідротехнічне будівництво, меблі, облицювальна фанера, столярка, паркет;
- *бук* – стиглодеревинна порода. Тверда, міцна, пружна, малостійка щодо загнивання. Щільність 650 кг/м<sup>3</sup>. Застосування – меблі, столярка, паркет;
- *вільха* – заболонна порода, загниває швидко, легко обробляється. Виготовляють фанеру, столярку;
- *осика* – стиглодеревинна заболонна порода, легка – 420 – 500 кг/м<sup>3</sup>, м'яка, зеленуватого кольору. Використання – тара, фанера, щепи;
- *береза* – заболонна порода. Щільність 650 кг/м<sup>3</sup>. Висока міцність, в'язкість. Нестійка до загнивання. Використовують для виготовлення фанери, паркету, столярки, поручнів, опоряджувальних матеріалів;
- *ясен* – ядрова порода. Має високу міцність, щільність 660 – 740 кг/м<sup>3</sup>, пружність, гарну текстуру. При підвищеній вологості гние. Використовують як опоряджувальний матеріал, для виготовлення меблів, столярки;
- *липа* – заболонна порода. Легка, м'яка, негнилостійка. З липи виготовляють меблі, фанеру, тару;
- *горіх* – має деревину темно-коричневого кольору гарної текстури. Виготовляють декоративну фанеру.

## **Основні властивості деревини**

### *Фізичні властивості*

*Вологість* – гігроскопічна (у стінках клітини), капілярна (у міжклітинному просторі). При висиханні спочатку випаровується капілярна, а потім гігроскопічна волога.

За вмістом води деревина буває:

- мокра  $W = 100\%$  і вище;
- свіжо зрубана  $W = 35 - 100\%$  ;
- повітряно суха  $W = 15 - 20\%$ ;
- кімнатно суха  $W = 8 - 13\%$ ;
- абсолютно суха  $W = 0\%$ , маса постійна;
- нормальна  $W = 12\%$  - стандартна вологість деревини.

*Рівноважна вологість* – вологість, якої набуває деревина, внаслідок тривалого перебування на повітрі зі сталими температурою і вологістю.

*Точка насичення волокон* – стан, коли вологість деревини відповідає граничній кількості гігроскопічної води (23 – 31%). До точки насичення волокон лінійні розміри залишаються сталими. Зі зміною вологості деревини відбуваються процеси усихання, розбухання, короблення.

*Усихання* – зменшення лінійних розмірів та об'єму деревини при видаленні з неї гігроскопічної води. Усихання щільних (важких) порід більше, ніж м'яких порід. Воно поділяється на

- лінійне, яке визначають впоперек волокон у тангентальному і радіальному напрямках, вздовж волокон усихання незначне;
- об'ємне усихання становить близько 12 – 15% і визначається за формулою:

$$U_V = \frac{av - a_0v_0}{av} 100\%,$$

де  $a, v$  – розміри поперечного перерізу при певній вологості;

$a_0, v_0$  – розміри у абсолютно сухому стані.

*Розбухання* – збільшення розмірів та об'єму сухої деревини чи виробів з неї при зволоженні до досягнення границі гігроскопічної води – точки насичення волокон (стінки деревних клітин потовщуються, розбухають).

*Короблення* – процес, що виникає внаслідок неоднакового усихання у різних напрямках. Усихання деревини у тангентальному напрямку, ніж у радіальному. Щоб запобігти коробленню і розтріскуванню дерев'яних виробів, слід використовувати дерево такої вологості, яка відповідала б умовам експлуатації.

*Теплопровідність* залежить від породи, напрямку волокон, вологості. Наприклад, сосна при вологості 15% має коефіцієнт теплопровідності  $\lambda = 0,17$  Вт/мК впоперек волокон;  $\lambda = 0,35$  Вт/мК вздовж волокон; дуб при вологості 15% -  $\lambda = 0,45$  Вт/мК вздовж волокон;  $\lambda = 0,22$  впоперек волокон. При підвищенні вологості теплопровідність зростає.

### Механічні властивості

*Міцність* – здатність чинити опір зовнішнім впливам. Залежить від породи деревини, наявності вад, вологості, місця визначення по стовбуру. Міцність при

стиску визначається на призмах розмірами 20 x 20 x 30 мм при вологості 12% і 15%. Міцність деревини вздовж волокон у 4 – 6 разів вища за міцність упоперек волокон. При підвищенні вологості від 0 до 30% міцність деревини знижується, але подальше підвищення вологості на міцність не впливає.

Границю міцності перераховують на вологість 12% за формулою:

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

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

$R_w$  - границя міцності при певній вологості  $W$ ;

$\alpha$  - поправний коефіцієнт на вологість, становить 0,05 для берези, сосни, кедра, модрина; і  $\alpha = 0,04$  для дуба, ялини, ялиці і решти листяних порід.

*Міцність при розтягу* вздовж волокон у 20 – 30 разів вища, ніж впоперек волокон, у 2 – 3 рази вища, ніж міцність при стиску. Ці показники близькі до цих же характеристик сталі, склопластиків, але вади деревини (сучки, тріщини) не дають можливості реалізувати цю властивість і знижують міцність. Для хвойних порід міцність мало залежить від вологості. Міцність при розтягу листяних порід знижується з ростом вологості.

*Міцність при вигині* більша від границі міцності при стиску вздовж волокон і нижча від границі міцності при розтягу і становить близько 50 – 100 МПа, тому дерево застосовують для виготовлення згинальних елементів (балок, крокв, брусів тощо).

*Міцність при сколюванні* вздовж волокон 3 – 13 МПа, впоперек волокон у 3 – 4 рази менше.

Твердість (статична) відповідає навантаженню, яке потрібне для втискання у поверхню зразка половини стандартної металевої кульки на глибину 5,64 мм (площа відбитка становитиме 1 см<sup>2</sup>). На торці твердість завжди більша, ніж у радіальному чи тангентальному напрямку. За твердістю деревина поділяється на 3 групи:

- м'яка – торцева твердість 35 – 50 МПа (сосна, ялина, ялиця, вільха);
- тверда – торцева твердість 50 – 100 МПа (дуб, граб, клен, ясен, каштан, береза);
- дуже тверда – торцева твердість понад 100 МПа (самшит, кизил).

Зі зростанням твердості у деревини наростає зносостійкість, але утруднюється обробка.

### Вади деревини

Вади деревини поділяються на

- відхилення від нормальної будови;
- пошкодження;
- захворювання.

Вони утворюються у процесі росту дерева або під час сушіння, зберігання та експлуатації.

Тріщини – розриви деревини уздовж волокон. Вони порушують цілісність деревини, знижують сорт (навіть до непридатності у будівництві). Бувають

- мітикові – тріщини внутрішні, поздовжні, проходять через стрижень, але не до країв, виникають під час росту дерева і зростають при висиханні;
- відлупини - внутрішні тріщини, по річному кільцю і ростуть при висиханні, спричиняються морозом. Можуть бути кільцеві і часткові. Характерні для дуба, осики, ялини, тополі;
- морозні тріщини (морозобоїни) – зовнішні поздовжні тріщини, розширюються до периферії, звужуються до стрижня. Виникають взимку при низьких температурах у товстих стовбурах листяних порід – дуба, бука, ясена, горіха;
- тріщини всихання – виникають у деревині всіх порід від поверхні колоди всередину.

Сучки – частини гілок, що містяться в деревині живих чи відмерлих за життя дерев. Це найпоширеніша і неминуча вада дерев. Сучки порушують однорідність, утруднюють обробку пиломатеріалів, знижують міцність. За формою поділяються на

- округло-овальні;
- зшивні сучки (вклинюються в деревину);
- лапчасті (у сосни та інших хвойних).

У пиломатеріалах зустрічаються сучки

- наскрізні і
- ненаскрізні.

За ступенем зростання деревини сучка і стовбура розрізняють такі:

- тверді, які не зрослися;
- частково зрослися (заросли і не вийшли на поверхню);
- не зрослися (можуть випасти, швидко загнивають);
- пасинки – тверді сучки, які значно проникли у стовбур (відмерла друга вершина).

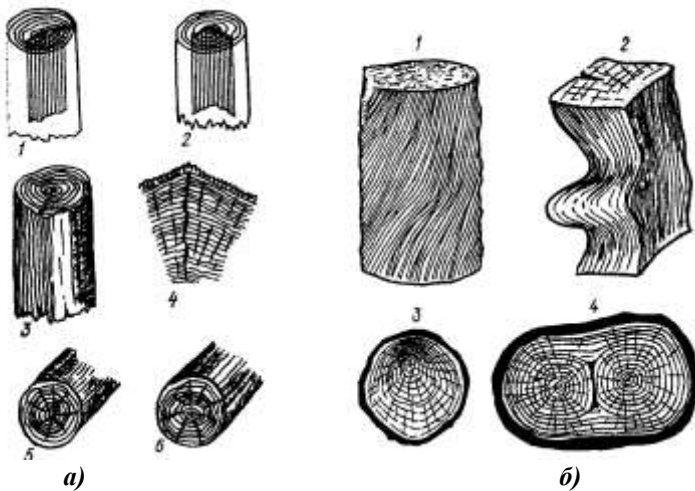


Рис. 12.1. Вади деревини: а - типи тріщин: 1, 2 – мітикові проста і складна; 3, 4 – морозні відкрита і закрита; 5, 6 – відлупини кільцева і часткова; б – вади будови: 1– нахил волокон; 2–завилькуватість; 3–крен; 4–подвійний стрижень

*Пошкодження грибами, гниллю.* Внаслідок біологічних процесів спричинених життєдіяльністю найпростіших – грибів на неростучій деревині. Гриби виділяють ферменти, які перетворюють целюлозу ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub> у глюкозу  $C_6H_{12}O_6$  розчинну у воді і сприятливе середовище для подальшого розвитку грибів. Глюкоза у присутності кисню повітря розкладається на вуглекислий газ і воду. Деревина змінює колір, знижується її маса, утворюються тріщини, міцність знижується, деревина розпадається. Гриби розвиваються при температурі 20 – 70<sup>0</sup>С і вологості понад 20%. Зі зміною умов процес може припинитися, але при поверненні знову до сприятливих умов спора гриба оживає і процес продовжується.

*Пошкодження комахами* може бути поверхневе, неглибоке, глибоке, наскрізне. Це ходи і отвори, пророблені в деревині комахами, в основному личинками комах. Найсприятливіша погода для цього – температура 18 – 24<sup>0</sup>С і вологість 60 – 80%.

*Вади будови:*

- *нахил волокон* – відхилення волокон від поздовжнього напрямку – осі колоди, що знижує міцність, збільшує усихання, погіршує механічну обробку;
- *завилькуватість* – звивисте чи безладне розміщення волокон, міцність знижує, проте границя міцності при сколюванні зростає, створює гарну текстуру, цінується в декоративній обробці;
- *завиток* – місцеве викривлення волокон навколо сучків;
- *крен* – ненормальний посилений розвиток пізньої деревини (у похилих, викривлених стовбурів дерев);
- *засмолок* – ділянка густо просочена смолою, утворена внаслідок поранення стовбура хвойних порід, це сприяє стійкості до загнивання, проте гірше обробляється і склеюється;
- *прорість* – омертвіла ділянка деревини чи кори, яка частково чи повністю заросла у стовбурі, викликає викривлення річних кілець;
- *сухобокість* – зовнішнє одностороннє омертвіння стовбура внаслідок механічного впливу. Внаслідок цього змінюється правильна форма дерева, знижується вихід пиломатеріалів.

*Вади форми стовбура:*

- *збіжистість* – діаметр стовбура зменшується на 1 см і більше на кожен метр довжини;
- *закомелистість* – різке збільшення діаметра нижньої частини стовбура;
- *овальність* – у стовбурі відношення більшого діаметру до меншого  $\geq 1,5$ ;
- *кривина* – викривлення стовбура по довжині.

## Сушіння деревини

Сушіння деревини це процес видалення вологи з деревини. При зниженні вологості міцність деревини зростає, знижується густина та коефіцієнт теплопровідності. Із сухої деревини клеєні вироби є міцнішими. Остаточна вологість деревини для виготовлення меблів – 7 – 8%; столярних виробів – 10 – 12%; будівельних матеріалів для зовнішніх робіт – 15 – 20%.

*Природне сушіння* - у природному атмосферному повітрі, яке не прогрівається. Процес тривалий – до кількох тижнів, нерегульований але простий і незатратний.

*Штучне сушіння* – у сушильних камерах гарячим повітрям, газом. Засноване на конвективному способі передавання теплоти. Процес сушіння швидкий (кілька днів), не залежить від пори року.

*Сушіння у рідині*, яка називається *петролатум*. Деревина занурюється у підігріту рідину. Сушіння триває кілька годин. Матеріал при цьому не розтріскується, не коробиться.

*Діелектричне сушіння* відбувається внаслідок нагрівання деревини струмом великої частоти. Такий підігрів відбувається відразу і за всім об'ємом. Електроенергія перетворюється на теплоту, нагріває деревину і сприяє випаровуванню вологи. Термін сушіння істотно скорочується, проте вартість такого способу найвища.

*Комбінований спосіб* поєднує основне газоповітряне сушіння у камерах з іншим – атмосферним – на повітрі.

### Захист від гниття

Запобігти загниванню можна двома різними шляхами – *конструктивними заходами* – вберегти від зволоження (ізолювати від бетону, цегли, каменю, влаштувати отвори для провітрювання, захистити від атмосферних опадів) або *просоченням деревини* спеціальними хімічними засобами – *антисептиками* – хімічними речовинами, які вбивають грибні спори, або створюють несприятливе середовище для їх життя.

Вимоги до антисептиків:

- вбивати грибні клітини;
- легко просочуватись у деревину,
- фізична та хімічна стійкість;
- безпечність для здоров'я людини;
- пожежна безпека;
- відсутність неприємного запаху;
- не знижувати якості деревини;
- бути дешевими і недефіцитними.

Розчинні у воді антисептики – *фторид натрію*, *мідний купорос*, *залізний купорос*, *кремнефторид натрію*. Дезинфікуючі розчини – 15% розчин мідного купоросу; 10% розчин залізного купоросу; 5% розчин хлориду цинку; 10% розчин кухонної солі і хлорного вапна.

Нерозчинні у воді маслянисті антисептики (добре вбивають гриби, добре проникають у дерево, довго зберігаються, не вимиваються водою, неприємний запах) – креозот, креозотова олива, кам'яновугільна смола.

Кристалічні антисептики - у воді нерозчинні, а розчиняються у гасі, скипидарі – технічний оксидифеніл, пентохлорфенол.

Способи антисептування:

1. Нанесення на поверхню розчину, пасти.
2. Поверхнєве випалювання.
3. Занурення у розчин.
4. Послідовне занурення у гарячу та холодну ванну з антисептиком.

### Захист від займання

Деревина – горючий матеріал. При температурі 120 – 150°C обвуглюється, при 250 – 300°C займається, при 350°C горять самостійно гази, які виділяються з деревини, навіть при відсутності джерела вогню.

*Конструктивні заходи:*

1. Віддалення дерев'яних конструкцій від джерел нагрівання.
2. Застосування неспалимих футерівок з цегли, бетону.
3. Покриття шаром мало теплопровідного матеріалу мінерального походження (азбест, азбестоцемент, пориста штукатурка).

*Просочення антипіренами* – вогнезахисними сполуками – пастами, фарбами на основі фосфорнокислого чи сірчистого амонію, бури, борної кислоти. При підвищенні температури вони плавляться і перекривають доступ кисню.

### Пиломатеріали

№	Назва пиломатеріалу	Характеристика
1	Колода	Довжина понад 4 м, діаметр понад 14 см
2	Підтоварник	Довжина понад 3 м, діаметр 8 – 14 см
3	Жердина	Діаметр 3 – 8 см
4	Пластина	½ частина колоди
5	Чвертка	¼ частина колоди
6	Двокантовий брус	Обрізана з двох боків колода, розміри поперечного перерізу не менші за 100 мм
7	Чотирикантовий брус	Обрізана з чотирьох боків колода, розміри поперечного перерізу не менші за 100 мм
8	Шпала	Обрізана пластина, розміри поперечного перерізу не менші за 100 мм
9	Обапіл (горбиль)	Обрізана частина колоди
10	Необрізна дошка	Товщина по крайку до 100 мм, ширина пласті не менша двох товщин. Необрізний край = обзел
11	Обрізна дошка	Товщина до 100 мм, ширина не менша двох товщин.

12	Брусок	Товщина 80 – 100 мм, ширина не більша за дві товщини
13	Шпон	Тонкий (0,3 мм) лист деревини
14	Фанера	Клеєний листовий матеріал з трьох і більше листів шпону, розташованих взаємно перпендикулярно. Товщина 1,5 – 18 мм. Довжина 1,5 – 7,8 м, ширина 0,725 – 1,5 м.
15	Шпунтовані дошки	Дошки з пазами (шпунтами) і виступами (гребенями) на бокових гранях
16	Погонажні матеріали	Плінтуси, галтели, наличники, поручні, паркет
17	Покрівельний матеріал	Гонт – клиноподібні дощечки (ялинові, соснові) з поздовжнім пазом у грубому краї. При влаштуванні даху вузький край однієї вставляється в паз іншої. Довжина 50–60 см, ширина близько 10см.

#### *Паркетні виробы:*

*штучний паркет* – окремі паркетні планки певних розмірів, шпунтовані; виготовляють з твердих порід – дуб, ясен, бук, клен, береза, граб. Прості у виготовленні, але великі трудовитрати при вкладанні, значна витрата твердої деревини;

*паркетні дошки* – на рейкову основу наклеєні паркетні планки, завтовшки 6 – 8 мм. Розміри: довжина 1,2 – 3 м, ширина 150 – 175 мм. Спостерігається економія твердих порід деревини, скорочення трудовитрат на влаштування підлоги;

*паркетні щити* – основа з брусків і рейок, на яку наклеєні планки фенолформальдегідними клеями. Розміри 400 x 400 мм, 800 x 800 мм;

*мозаїчний паркет* – має вигляд килима, набраний з планок однакової товщини але різного розміру та кольору. Наклеюється лицьовою поверхнею на папір.

*Столярні виробы:* віконні, дверні блоки з заповненням, перегородки, панелі. Щитові двері – дерев'яна рамка, заповнена суцільним чи дрібнопустотним заповнювачем і з обох боків облицьована шпоном, фанерою, ДВП.

*Фанера* – листовий матеріал, склеєний з 3-х і більше листів шпону. Шпон у шарах розташований взаємно перпендикулярно. Така будова дає міцність однакою в усіх напрямках, хорошу гнучкість, незначне короблення. Товщина фанери 1,5 – 18 мм, довжина листа 1525 – 2400мм, ширина – 725 – 1525 мм. Виготовляють з берези, сосни, бука, вільхи. Декоративна фанера облицьовується плівковим покриттям, використовується для оздоблення стін, перегородок, дверей, вбудованих меблів. Бакелізована фанера виготовляється з березового шпону, покритого синтетичною смолою. Має високу водостійкість, міцність, морозостійкість. Використовується для виготовлення опалубки, конструктивних елементів.

*Деревостружкові плити (ДСП)* – листовий або плитковий матеріал, виготовлений методом гарячого пресування 80% деревної стружки з 15 – 20% емульсії, яка включає полімерні смоли (карбамідні, фенольні), антипірени,

антисептики, гідрофобізатори. Використовують для влаштування підлог, облицювання стін і влаштування перегородок, дверних полотен, вбудованих меблів

*Деревоволокнисті плити (ДВП)* виготовляють методом гарячого пресування з деревоволокнистої маси, фенолформальдегідної смоли 4 – 5%, антипірену, антисептика, гідрофобізатора. У рубальних машинах відходи деревини перетворюються на щепки, пропарюються, розпушуються на окремі волокна. Використовують як оздоблювальний, теплоізоляційний матеріал для стін, стель. Можуть бути офактурені полімерними плівками, текстурним матеріалом, деревним шпоном.

*Клеєні дерев'яні конструкції* виготовляють з невеликих дерев'яних заготовок на високоміцних полімерних клеях. Клеєні конструкції мають високу міцність, водостійкість, біологічну та вогнестійкість. Так виготовляють віконні, дверні коробки, дверні полотна, балки, прогони, ферми.

*Цементно-стружкові плити (ЦСП)* – міцний листовий матеріал, виготовлений із тонкої стружки, портландцементу, мінералізатора. Стружку виготовляють з тонкомірної деревини хвойних порід, відходів пиляння деревини, без кори, витриманої при температурі вище 0°C не менше 3-х місяців для зниження вмісту водорозчинних цукрів, що негативно впливають на цемент. Ці плити важко спалити, біостійкі, легко пиляються, кріпляться, обробляються. Їх використовують для панелей, перегородок, плит покриття, підвісних стель, підлог, лоджій, підвіконь.

*Тирсобетон* виготовляють з тирси (фракції 1,5 – 5,0 мм) хвойних порід, піску чи дрібного гравію, портландцементу, мінеральних добавок (глина, трепел, опока). Густина тирсобетону 900 – 1200 кг/м<sup>3</sup>. Міцність при стиску 0,8 – 2,8 МПа. Використовують як термоізоляційний матеріал для трубопроводів, утеплювач у перекриттях, стіновий матеріал у малоповерховому будівництві.

*Короліт* виготовляють з кори дерев та мінеральних в'язучих (гіпс, цемент). Міцність короліту – 1,5 – 3,5 МПа, коефіцієнт теплопровідності 0,14 – 0,16 Вт/мК. Використовують у малоповерховому будівництві для влаштування несучих стін і перегородок, як утеплювач стін, підлог.

*Арболіт* – легкий бетон, наповнювач – деревні відходи. Матеріал легкий, теплоізоляційний, звукоізоляційний, має хорошу біостійкість та вогнестійкість, гвездимий, легко обробляється.

*Фіброліт* - декоративний акустичний матеріал для ізоляції стін, перекриттів. Виготовляється з тонкої деревної стружки хвойних порід і портландцементу або стружки листяних порід на магнезійних в'язучих.

*Ксилоліт* виготовляють з тирси, магнезійних в'язучих, хлористого магнію, пігментів. Використовують для влаштування підлог у житлових, громадських та виробничих будівлях з підлогами, що не перебувають у зволоженому стані.

## **Тема 12. ОРГАНІЧНІ В'ЯЗУЧІ РЕЧОВИНИ ТА МАТЕРІАЛИ З НИХ**

1. Загальні відомості про бітуми та дьогті.
2. Бітумні та дьогтеві в'язучі, пеки.
3. Асфальтові розчини та бетони.

#### 4. Покрівельні та гідроізоляційні матеріали.

Органічні в'язучі поділяються на бітумні та дьогтеві. Будівельні матеріали, які містять ці речовини, називаються бітумними чи дьогтьовими. Бітуми, дьогті, пеки застосовують у вигляді:

- емульсій,
- розчинів та бетонів,
- антикорозійних лаків,
- покрівельних матеріалів,
- гідроізоляційних матеріалів,
- пароізоляційних матеріалів.

*Бітуми* є двох видів – природні або нафтові (штучні). Це складні суміші високомолекулярних вуглеводнів та їх неметалевих похідних, тобто, сполуки вуглеводнів з киснем, азотом, сіркою. Бітуми розчинні у сірководні, хлороформі, бензолі, інших органічних розчинниках.

*Дьогті* це власне сирі дьогті, дьогтеві масло, пеки. Сирі дьогті це рідкі продукти розкладу органічної речовини – кам'яного та бурого вугілля, торфу, деревини. Розклад відбувається при високих температурах, без доступу повітря при отриманні коксу чи штучних горючих газів (коксування або газифікація). Сирі дьогті переганяють на фракції. Важкі фракції – дьогтеві масла, тверді – пеки.

#### **Властивості органічних в'язучих:**

- вони є складними сполуками вуглеводнів та їх похідних;
- при підвищенні температури розм'якшуються;
- при зниженні температури стають в'язкими та твердими;
- нерозчинні у воді, а тільки в органічних розчинниках;
- мають в'язучі властивості;
- чорний або темно-коричневий колір;
- містять леткі речовини, які при нагріванні випаровуються, чим змінюються початкові властивості;
- змінюються (старіють) під впливом навколишнього середовища – кисню, вологи, сонця (менше старіють природні та нафтові бітуми, ніж дьогті та пеки, тому бітумні матеріали довговічніші від дьогтьових);
- мають високу водонепроникність;
- стійкість щодо дії кислот, лугів, агресивних рідин і газів;
- хороша адгезія з деревом, металом, каменем;
- швидке наростання в'язкості при охолодженні;
- пластичність при підвищенні температури.

*Природні бітуми* в природі зустрічаються рідко, просочують гірські породи – вапняки, пісковики. Утворюються у верхніх шарах земної кори з нафти в результаті дуже повільного видалення з неї легких та середніх фракцій та під впливом процесів полімеризації та окислення. Ці бітуми чорного кольору (темно-коричневого), без запаху, у нагрітому стані – пластичні. При підвищенні температури стає рідким, при

зниженні – твердне. Добувають з бітумних порід (бітумного пісковика) водяним виварюванням. У будівництві майже не використовується через обмеженість родовищ і високу вартість. Бітумний вапняк використовують для отримання асфальтового порошку шляхом тонкого помелу в кульових млинах. Такий порошок застосовують як найдрібнішу складову частку для отримання асфальтобетонів та розчинів.

*Нафтові бітуми* складаються з масел (60%, надають бітумам рухомості), смолистих складових (30%, тверді, напівтверді частки, розчинні у бензині), асфальтенів (тверді частки, надають твердості бітумам), карбонів, карбоїдів (тверді вуглеводневі речовини).

За видом виробництва поділяються на

- *залишкові*, отримані в атмосферно-вакуумних трубчастих печах безперервної дії після перегонки нафти (відділення бензину, керосину, частини масел). Вони чорні, при нормальній температурі тверді;
- *окислені*, отримані продуванням повітря через нафтові залишки. Під час такого окислення змінюються властивості, з'являється в'язкість;
- *крекінгові* – нафтові залишки, утворені при крекінгу (розкладі при високих температурах) нафти та нафтових масел для отримання більшої кількості бензину.

Нафтові бітуми поділяються на марки. Визначають за допомогою пенетрометра. Марка залежить від в'язкості, пластичності, зміни властивостей при зміні температури.

*В'язкість* – властивість матеріалу чинити опір переміщенню часточок під впливом зовнішніх сил. Залежить від температури. При зниженні температури в'язкість наростає, матеріал твердне. При підвищенні температури навпаки, в'язкість знижується, бітум переходить у рідкий стан. Глибина проникання голки пенетрометра дає умовний показник твердості (одному градусу відповідає глибина проникання голки на 0,1 мм). Для м'яких бітумів використовують стандартний віскозиметр (визначення в'язкості виконують за часом витікання порції бітуму через отвір приладу певного діаметра і при певній температурі).

*Пластичність* – здатність розтягуватись, визначається у см за допомогою дуктилометра при температурі 25<sup>0</sup>С і 0<sup>0</sup>С на спеціальних зразках – вісімках.

*Температурний робочий інтервал* бітумів визначається *температурою розм'якшення* (верхня межа використання бітуму), визначеною за допомогою приладу “кільце – куля”, і *температурою крижкості* (нижня межа використання бітуму), коли при згині сталевий пластинки з нанесеним тонким шаром бітуму виникає тріщина.

Марки бітуму:

**БН-50/50** – означає бітум нафтовий з температурою розм'якшення 50<sup>0</sup>С, глибина проникання голки при температурі 25<sup>0</sup>С становить 50 мм;

**БНК-45/180** – бітум нафтовий покрівельний, температура розм'якшення 45<sup>0</sup>С, глибина проникання голки пенетрометра 180 мм;

**БНД-200/300** – бітум нафтовий дорожній.

Тверді нафтові бітуми, нагріті до рідкого стану, розливають у сталеві чи дерев'яні бочки. Після охолодження реалізують. При великій потребі на будову возять у цистернах-термосах у розігрітому стані чи в контейнерах. Твердий бітум реалізують у крафт-мішках.

*Дьоготь, пек.* Сирі дьогті – густі, в'язкі речовини чорного чи темно-коричневого кольору. Залежно від вихідної сировини дьогті поділяються на деревні, торф'яні, сланцеві, кам'яновугільні.

Найширше використовують кам'яновугільний дьоготь, отриманий як побічний продукт процесу коксування і газифікації кам'яного вугілля.

*Сирий дьоготь* – чорна масляниста рідина, з густиною 1,12 г/см<sup>3</sup> і вище, з різким запахом (запах надають феноли, крезоли, нафталін). Містить леткі речовини, які навіть при слабкому нагріванні випаровуються, що приводить до зміни властивостей – стає крихким, розтріскується. Тому сирий дьоготь не використовують для виготовлення будматеріалів, а переганяють. При перегонці при температурі 100<sup>0</sup>С видаляється вода, при 170<sup>0</sup>С видаляються легкі масла, при 270<sup>0</sup>С – середні масла, при 270 – 300<sup>0</sup>С – важкі, шпалопросочувальні масла, при 360<sup>0</sup>С – надважке антраценове масло. Залишок – пек – тверда чорна аморфна речовина з густиною 1,25 – 1,28 г/см<sup>3</sup> і температурою розм'якшення 50 – 60<sup>0</sup>С. Атмосферостійкість дьогтів нижча, ніж бітумних матеріалів. Старіння відбувається внаслідок випаровування масел, вимивання водою фенолів. Проте біологічна стійкість дьогтьових матеріалів вища, ніж бітумних.

### **Асфальтові розчини та бетони**

*Асфальтові розчини* – ущільнена суміш бітуму, мінерального порошку (подрібненого вапняку, крейди, доломіту, азбесту, шлаку). Використовують у будівництві для гідроізоляції у вигляді шарів штукатурки, для влаштування асфальтових підлог. Після затвердіння повинен мати достатню міцність, щільність, водонепроникність, теплостійкість. Технологія виготовлення: бітум і суміш підігрітих сухих мінеральних заповнювачів завантажують у варильний котел і нагрівають до температури близько 180<sup>0</sup>С, помішуючи. Однорідну гарячу масу подають на будмайданчик. Вкладають на щільну основу завтовшки 20 – 25 мм, ущільнюють, загладжують катками.

*Асфальтові бетони* – ущільнені суміші мінеральних складових (щебінь, гравій, пісок, мінеральний порошок), з бітумами чи дьогтями і пеками. Класифікують

- за рухливістю – пластичні, жорсткі;
- за крупністю зерен – крупнозернисті (діаметром 35 мм), середньозернисті (діаметром 25мм), дрібнозернисті (15 мм), піщані (5 мм);
- за способом укладання (в холодному стані – при нормальній температурі, в гарячому стані – при температурі близько 170<sup>0</sup>С);
- за пористістю – щільні П = 3 – 5%, крупнозернисті – П = 5 – 10%.

*Технологія виготовлення* включає етапи:

- дозування компонентів;
- сушіння та нагрівання у сушильному барабані до температури 170 – 180<sup>0</sup>С;

- перемішування компонентів у барабанному змішувачі.

Один цикл триває 12 – 15 хв. Кількість отриманого розчину чи бетону становить 3,5 тони.

*Формування* гарячого розчину чи бетону відбувається швидко і закінчується за 1 – 2 години, відразу ж після ущільнення. Холодні бітуми тверднуть в результаті окислення, випаровування, тому формування їх триває 20 – 30 діб, залежно від умов.

*Холодні бетони* готують на рідких бітумах, підігрітих до температури 110 – 120°C, змішують з підігрітими заповнювачами. Суміш охолоджують до температури 60°C, розвозять до місць укладання, укладають при нормальній температурі. Аналогічно готують бетони і на бітумній емульсії, але без підігріву. Холодні бетони застосовують для дорожніх покриттів.

### **Покрівельні та гідроізоляційні матеріали**

Ці матеріали виконують основними або безосновними.

*Основою* може бути

- покрівельний картон (як у руберойду, пергаміну, толю),
- склотканина (як у склоруберойду, склопівсті, гідробутилу, гідросклоізолу),
- фольга (фольгоізол, фольгоруберойд),
- азбестовий папір (гідроізол, бризол).

*В'яжучі:* бітум, дьоготь, дьогтебітум, бітумо-полімери, бітумно-гумові, гумо-дьогтеві, полімери.

*Захисний шар* у вигляді посипки К – крупнозернистої, М – дрібнозернистої, Ч – лускоподібної, П – пилюватої.

*За зовнішнім виглядом* : рулонні, листові, мастики, пасти, емульсії.

*Руберойд* – рулонний покрівельний ізоляційний матеріал, виготовлений шляхом просочування покрівельного картону м'якими нафтовими бітумами і покриття тугоплавкими нафтовими бітумами з одного чи обох боків. Розрізняють покрівельний – для верхнього шару, підкладний – для нижнього шару. Марки руберойду РКК-420А, РКК-420Б, РКК-350Б, РКЧ-350Б, РКП-350А, РКП-350Б, РПП-300А, РПП-300Б, РПС-300. Тут цифрами вказано на масу в грамах 1м<sup>2</sup> основи. Ширина рулону 750, 1000, 1025 мм, маса близько 30 кг. Зберігають у закритих складах, вертикально, 1 – 2 ряди по висоті.

*Склоруберойд* виготовляють шляхом нанесення на основу (скловолокнисте полотно) двостороннього бітумного покриття з посипкою дрібним кварцовим піском, тальком. Міцність його набагато більша, ніж руберойду (за рахунок основи). Марки: С-РК, С-РЧ, С-РМ. Довговічність – близько 30 років. Розміри полотна: товщина 2,0 – 3,0 мм, ширина – 960, 1000мм; площа рулону близько 10 м<sup>2</sup>, маса рулону близько 29 або 23 кг. Застосовують для верхнього і нижнього шарів покрівельного килима і обклеювальної гідроізоляції.

*Пергамін* – матеріал з картону, просоченого нафтовим бітумом. Від інших рулонних матеріалів відрізняється тим, що не має посипки. Ширина рулону 750, 1000, 1025 мм, площа матеріалу близько 20 м<sup>2</sup>, маса 15 кг. Застосовують для нижніх шарів багатшарових покриттів при вкладанні на гарячі мастики чи для пароізоляції.

*Гідроізол* – безпокритий рулонний матеріал, виготовлений просочуванням азбестового паперу нафтовим окисленим бітумом. Є 2 марки гідроізолу: ГИ-Г, ГИ-К. Рулонне полотно має довжину 20 м, ширину 95 см. Використовують для гідроізоляції, для особливо відповідальних робіт з гідроізоляції, у підземних спорудах, протикорозійний захист трубопроводів, гідроізоляція плоских дахів.

*Бризол* – рулонний гідроізоляційний матеріал, складається з нафтового бітуму, подрібненої гуми, азбесту, пластифікаторів. Є 2 марки – БР-С - середньої міцності, БР-П - підвищеної міцності. Довжина рулону 50м, термін зберігання 4 місяці. Застосовують для захисту підземних трубопроводів і споруд.

*Толь* – досить дешевий дьогтьовий матеріал. Є 5 марок толю: ТК-350 “толькожа” без посипки, для пароізоляції покрівлі; ТГ-350- для гідроізоляції, без покриву; ТП-350 з посипкою кварцовим піском, призначена для даху; ТВК-350, ТВК-420 – толь для верхніх шарів даху з посипкою. Ширина полотна 750, 1000, 1025 мм, маса рулону до 20 кг, площа до 30 м<sup>2</sup>. Має непогану міцність, легкість, біостійкість, дешева. При виробництві виділяє шкідливі випари. Зберігають вертикально по висоті 1 – 2 рулони у сухому приміщенні. Використовують для влаштування покрівель, для гідроізоляції фундаментів, підвалів, інших підземних споруд. На покрівлі може прослужити 10 – 12 років.

### **Тема 13. МЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ**

1. Ефективні метали та сплави.
2. Основні метали, які застосовуються у будівництві.
3. Вплив температури, умов навантаження, корозії на роботу металу у конструкції.

У будівництві найширше застосовують залізуглецеві сплави – сталі (до 2,14% С) та чавуни (2,14...6,67% С). Питома вага їх у загальному обсязі металоконструкцій становить 95 – 97%. Чавуни і сталі – це чорні метали. До кольорових відносяться алюміній, магній, цинк та їх сплави.

Метал у будівництві застосовують у вигляді листів, кутиків, двотаврових, швелерних профілів, труб. Зі сталі виготовляють конструкції, форми (опалубку) для залізобетонних конструкцій, армують їх, влаштовують покрівлі, риштування, огородження.

Для армування залізобетонних конструкцій сталь застосовують у вигляді стержнів, дроту, зварних сіток, каркасів. Арматурна сталь може бути гарячекатаною (стержньова) та холодно тягнутою (дротова). За формою профілю сталь буває гладкою або періодичного профілю. Залежно від механічних властивостей стержньову арматуру поділяють на класи: А240С, А400С, А500, А600 тощо.

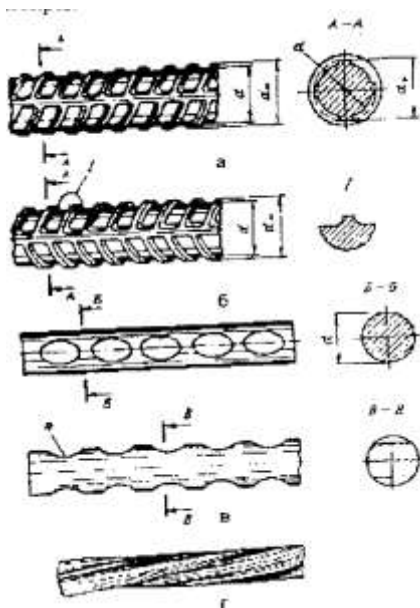


Рис. 13.1. Арматурна сталь:  
 а – класу А300; б – класу А400; в – дріт періодичного профілю;  
 г – семидротяне арматурне пасмо (канат)

При позначенні класу термічно зміцненої арматури додають індекс "т", а зміцненої витягуванням – індекс "в". Арматурний дріт може бути холоднотягнутим класу В-І та В500 (низьковуглецевий) для не напруженої арматури; Вр1200...Вр1500 – для попередньо напружених конструкцій. Канатна арматура К1400 (К-7) і К1500 (К-19).

Зростає виробництво легких сталевих конструкцій з економічних профілів прокату, низьколегованих, високоміцних сталей. З алюмінієвих сплавів виготовляють стінові панелі, конструкції кріплень підвісних стель, перегородок, віконні та дверні рами, вітражі, жалюзі тощо. Конструкції з алюмінієвих сплавів мають значно меншу масу від сталевих конструкцій, їх густина 2,7...2,9 т/м<sup>3</sup>, кращі вогнестійкість, сейсмостійкість, холодостійкість, довговічність.

### Основні метали, які застосовуються у будівництві Вуглецеві сталі

На механічні властивості вуглецевих сталей впливає вміст у них вуглецю. При збільшенні його підвищується міцність, твердість, зносостійкість, проте знижується пластичність і ударна в'язкість, погіршується зварюваність.

Механічні характеристики сталі залежать від форми і товщини прокату. Вуглецеві сталі звичайної якості застосовують без термообробки, вони є марок: Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6, Ст7. Зі збільшенням номера сталі підвищується вміст у ній вуглецю, зростає міцність, твердість, знижується пластичність та ударна в'язкість.

Конструкційна сталь застосовується таких марок: 05кп, 08кп, 08сп, 08, 10кп, 15, 20кп, 20пс, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 58, 60, 65, 70 (цифри вказують на вміст вуглецю в сотих частках %). До конструкційних сталей відноситься ще автоматна сталь марок А12, А20, А30, А40.

Інструментальну сталь в будівництві застосовують лише після термообробки – загартування з наступним низьким чи середнім відпуском.

### **Леговані сталі**

Для зміни структури і властивостей сталей вводять легуючі добавки. Легуванням підвищують корозійну стійкість сталей (легуючі елементи – Cu, Si, Cr, Mo, Ni), надають їм стійкості за умов низьких та високих температур, тисків, підвищують міцність, твердість (Si, Mn, Cr, Mo, Ni), в'язкість (V, Co, Ni), зносостійкість (Cr, Mn, Ni). Легуючі елементи позначають літерами: С – кремній, Г – марганець, Х – хром, Н – нікель, М – молібден, В – вольфрам, Р – бор, Т – титан, Ю – алюміній, Ч – рідкоземельні метали, Ф – ванадій, Ц – цирконій, Б – ніобій, А – азот, Д – мідь, К – кобальт, П – фосфор. Наприклад, сталь марки 35ХНЗМА – високоякісна сталь, містить 0,35% вуглецю, 1% хрому, 3% нікелю, 1% молібдену.

За хімічним складом леговані сталі поділяють на три класи: низьколеговані із загальним вмістом легуючих елементів до 2,5%, середньо леговані – 2,5 – 10%, високолеговані, які містять понад 10% легуючих елементів. Низьколеговані застосовують для виготовлення будівельних сталевих конструкцій (ферм, мостів, нафто- та газопроводів) та арматури для залізобетонних конструкцій. Попередньо напружені конструкції армують високоміцними середньо та високовуглецевими низьколегованими (марок 45С, 80С, 35ГС, 45ГС, 20ХГ2С, 20Х2Г2Т) сталями у гарячекатаному або термічно зміцненому стані за допомогою загартування та відпускання.

Для будівельних виробів і конструкцій, які експлуатуються у ґрунтових та морських водах чи інших агресивних середовищах, застосовують корозійно стійкі сталі. Найширше застосовуються хромисті нержавіючі та хромонікелеві сталі, в яких головним легуючим елементом є хром, марок 08Х13, 12Х13, 30Х13, 40Х13, 12Х17, 08Х17Т, 14Х17Н2.

### **Кольорові метали і сплави**

Сплави кольорових металів застосовують для виготовлення деталей, що працюють в умовах агресивного середовища, піддаються тертю, повинні мати високу теплопровідність, невелику масу, бути електропровідними.

Мідь – метал, який має високі теплопровідність, пластичність, стійкість щодо атмосферних впливів, міцність до 250МПа.

Латунь – сплав міді з цинком, добре піддається холодному прокатуванню, штампуванню, витягуванню, міцність до 400 МПа.

Бронза – сплав міді з оловом, алюмінієм, марганцем, свинцем. Має хороші ливарні властивості.

Алюміній – легкий метал, стійкий до атмосферної корозії. Алюмінієві сплави – силуміни (ливарні – для відливання виробів), дюралюміни (для прокатування профілів, листів). Застосовують для виготовлення несучих і огорджувальних конструкцій.

### **Термічна обробка металів**

Ефективним способом зміни структури металів з метою отримання потрібних властивостей є термічна обробка, яка полягає у нагріванні до проєктної температури, витримуванні та охолодженні із заданою швидкістю до певної температури. Процеси термообробки поділяють на загартування (нагрівання металів до температури не нижче критичних точок, наступному витримуванню та швидкому охолодженню), відпалювання (повільне охолодження під шаром піску, попелу, шлаку для зменшення твердості, підвищення пластичності, в'язкості, здатності до обробки), відпускання (для усунення внутрішніх напружень, що виникають при загартуванні сплавів, досягнення найкращої комбінації міцності і пластичності), нормалізацію (для зниження пластичності збільшення твердості); термомеханічну обробку при комбінованій дії теплоти і пластичного деформування; фізико-термічну обробку при поєднанні дії теплоти та зміни хімічного складу металу.

### **Обробка металів тиском**

Обробку металів тиском здійснюють прокатуванням, волочінням, пресуванням, куванням, штампуванням. Ці способи ґрунтуються на використанні пластичної деформації холодного чи нагрітого металу під дією валків, штампів, бойків тощо. Обробка металів у холодному стані приводить до наклепу – підвищенню границі міцності та твердості при зниженні пластичної та ударної в'язкості. Опір металів деформуванню зростає при збільшенні швидкості деформації.

Прокатування – обробка металів тиском, при якій деформація здійснюється стисканням між циліндрами (валками) прокатного стану, що обертаються. За цим способом отримують прокатні профілі.

Волочіння – обробка металів тиском протягуванням дроту, прутка або труби крізь отвір матриці з перерізом, меншим за вихідний переріз заготовки. За допомогою волочіння вироби набувають заданої геометричної форми, точних розмірів, чистої поверхні. Волочіння здійснюють переважно у холодному стані на спеціальних волочильних станках.

Пресування – продавлювання пластичних матеріалів, що містяться в контейнері, крізь вихідний отвір матриці. Застосовують для виготовлення різних профілів із кольорових металів, рідше зі сталі.

Кування та штампування – процеси обтиснення металевої заготовки з метою отримання виробів заданої форми між двома бійками та у штампах.

### **Корозія металів та способи захисту від неї**

Корозія – хімічне або електрохімічне руйнування металів під дією навколишнього середовища. Для захисту металу від корозії застосовують методи: легування сталі, гальванізацію (на поверхню виробу електролітичним осадженням з розчинів солей металів наносять тонкий шар металу, який протидіє корозії), металізацію (покриття поверхні деталі розплавленим металом, розпиленням стиснутим повітрям), оксидування (захист оксидними плівками), фосфатування (на поверхні виробу утворюється плівка з нерозчинних солей заліза або марганцю внаслідок занурення металу у гарячі розчини кислих фосфатів заліза або марганцю), лакофарбові покриття (механічний захист металу плівкою з різних лаків, емалей та фарб) тощо.

## **Тема 14. ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ**

1. Основні компоненти полімерних матеріалів.
2. Класифікація полімерів за виготовленням.
3. Полімерні матеріали для підлоги.
4. Конструкційні матеріали на основі полімерів.
5. Оздоблювальні матеріали.
6. Гідроізоляційні, теплоізоляційні матеріали, герметики.

*Полімерні матеріали* – пластмаси – це матеріали, що містять у своєму складі високомолекулярні органічні речовини – полімери. На певній стадії виробництва вони є пластичними, але після отвердіння полімеру пластичність втрачається. *Прості* полімерні матеріали складаються лише з полімеру. *Складні* полімерні матеріали включають у себе

- полімер,
- наповнювачі (знижують втрату полімеру, здешевлюють пластмаси, збільшують міцність, твердість, зносостійкість, здатність чинити опір усадці, повзучості, підвищують теплостійкість),
- стабілізатори (сприяють тривалому збереженню властивостей пластмас під час експлуатації, запобігають старінню під впливом сонця, повітря, вологи, температури),

- пластифікатори (знижують крихкість, підвищують деформативні властивості),
- отверджувачі (прискорюють процес затвердіння і утворення просторових форм),
- барвники, антипірени, пороутворювачі тощо.

Ці компоненти дають можливість отримати полімерні матеріали з певними властивостями.

*Класифікація полімерних матеріалів:*

*за основним полімером;*

*за методом виробництва:*

- полімеризаційні (в процесі об'єднання молекул мономеру без виділення будь-яких побічних продуктів). Є 4 способи полімеризації – у блоці, у розчині, емульсії, суспензії;
- поліконденсаційні (в процесі одержання високомолекулярних сполук одночасно відщеплюються низькомолекулярні продукти реакції – вода, хлороводень). Є 4 способи – у розплаві, розчині, твердій фазі, міжфазна конденсація;

*за областю використання у будівництві:*

- матеріали для несучих і огорожувальних конструкцій;
- покриття підлог;
- опорядження стін;
- гідроізоляційні, герметизаційні, покрівельні, тепло - та звукоізоляційні;
- труби та інші погонажні вироби;
- лаки, фарби, клеї;

*за фізичним станом при нормальній температурі:*

- жорсткі (модуль пружності  $E \geq 1$  ГПа),
- напівжорсткі ( $E = 0,4$  ГПа і вище),
- м'які ( $E = 0,02 - 0,10$  ГПа),
- еластичні ( $E$  не перевищує  $0,02$  ГПа).

*Переваги пластмас перед іншими матеріалами:*

- низька густина і відносно високі міцнісні показники (скловолокнистий пластик має міцність 2000 МПа);
- хімічна стійкість;
- непроникність для води (що зумовлює широке застосування для захисних покриттів, гідроізоляції, влаштування покрівель, трубопроводів);
- поганий теплопровідник і електропровідник (застосовують як діелектрик і теплоізолятор);
- деякі пластмаси прозорі, безбарвні (влаштовують куполи верхнього світла, огороження теплиць, оранжерей);
- чинять добрий опір стиранню (застосовують як настил підлоги);

- висока технологічність – легко переробляти різними методами і досягати довільної форми, легко піддаються механічній обробці, склеюванню;
- не потребують періодичного фарбування, можна імітувати природний колір;
- виробляють з простих хімічних речовин, які здобувають з нафти, газу;
- біологічно стійкі матеріали – не гниють.

*Недоліки* пластмас:

- низька теплостійкість і твердість;
- високий температурний коефіцієнт лінійного розширення;
- токсичність деяких полімерних в'язучих;
- займистість;
- схильність до старіння;
- повзучість;
- холодноламкість.

Пластмаси економічно вигідно застосовувати у будівництві, оскільки

- знижується матеріаломісткість будівництва,
- розширюються архітектурні можливості будівництва,
- впроваджуються індустриальні методи ведення будівельних робіт;
- є можливість заміни дефіцитних традиційних будівельних матеріалів.

## Полімери

*Полімери* – це високомолекулярні сполуки, у молекулах яких елементарні мономерні ланки повторюються багатократно. Ці ланки з'єднуються між собою ковалентними зв'язками у довгі ланцюги різної будови (лінійні, розгалужені), які утворюють пластичні або жорсткі просторові решітки.

*Термопластичні* полімери – термопласти – мають лінійну чи розгалужену будову молекул (поліетилен, полістирол), при підвищенні температури розм'якшуються і переходять у в'язко-пружний стан, при охолодженні тверднуть.

*Термореактивні* – реактопласти – мають просторову будову молекул, не можуть оборотно змінювати свої властивості і при підвищенні температури перетворюються на неплавкі і нерозчинні продукти, не здатні до повторного формування.

## Полімеризаційні полімери

**Поліетилен** - має лінійну будову. Його виготовляють в установках високого (150 – 300 МПа), середнього (3 – 4 МПа), низького (0,25 – 0,5 МПа) тиску. Густина 0,91 – 0,97 г/см<sup>3</sup>. Температура плавлення 105 – 135<sup>0</sup>С. Міцність при розтягу 12 – 40 МПа. Має невисоку розчинність у органічних розчинниках. Стійкий до дії кислот, лугів, солей, води. Недоліки: низька теплостійкість (80<sup>0</sup>С), погана адгезія до клеїв, схильність до старіння, враження гризунами. Застосування: виготовлення труб, фітінгів, плівок, пінопластів.

**Поліпропілен** – має високу водостійкість, хімічну стійкість, температура розм'якшення  $160^{\circ}\text{C}$ , густина  $0,905 \text{ г/см}^3$ , дещо кращі механічні властивості і теплостійкість, ніж у поліетилену. Виготовляють плівки, листові і плиткові облицювальні матеріали, волокна для килимових покриттів, пінопласти, погонажні вироби, сантехнічні вироби. Матеріал легко зварюється, піддається механічній обробці.

**Поліізобутилен** – еластичний каучукоподібний матеріал. Густина  $0,91 - 0,93 \text{ г/см}^3$ . Відносне видовження  $1000 - 2000\%$ . Водостійкий, кислотостійкий, на нього не діють луги, солі галоїдів, полярні розчинники. Розчиняється у ароматичних вуглеводнях (бензолі, толуолі), мінеральних маслах, набухає в жирах і рослинних оліях. Має високу морозостійкість (температура склування  $-75^{\circ}\text{C}$ ). Застосування: як герметик у панельних будівлях для ущільнення горизонтальних і вертикальних швів (наповнювачі – сажа, графіт, тальк); липкі стрічки, лінолеумні клеї, гідроізоляційні матеріали. Недоліки – підвищена повзучість, займистість.

**Полівінілхлорид** – білий порошок аморфної будови, без запаху. Густина  $1,135 - 1,4 \text{ г/см}^3$ . Міцність при розтягу  $50 - 60 \text{ МПа}$ , при вигині  $80 - 120 \text{ МПа}$ . Температура розм'якшення  $80^{\circ}\text{C}$ . Теплостійкість  $60^{\circ}\text{C}$ . Стійкий до дії кислот, лугів, спирту, бензину, мастил. Застосовують для виготовлення труб, захисних покриттів, ємностей, лінолеумів, гідроізоляційних, декоративних матеріалів, погонних виробів, чарункуватих теплоізоляційних виробів. Недоліки – зниження міцності при підвищенні температури, повзучість при дії навантаження, низька морозостійкість, температура склування  $-12^{\circ}\text{C}$ .

**Полівінілацетат** – полімер вінілацетату, синтезується з ацетилену і оцтової кислоти емульсійним методом. Полівінілацетатна емульсія – однорідна рідина білого кольору. Густина  $1,02 - 1,03 \text{ г/см}^3$ . Має хорошу адгезію, світлостійкість, еластичність, безбарвність. Виготовляють водостійкі шпалери, клеї та клейкі мастики, безшовні мастикові підлоги, полімерцементні бетони.

**Полістирол** – випускають у вигляді безбарвних і кольорових гранул, білого крупнозернистого порошку. Густина  $1,04 - 1,1 \text{ г/см}^3$ , границя міцності при вигині  $90 - 95 \text{ МПа}$ , при стиску  $80 - 110 \text{ МПа}$ . Водостійкий, кислотостійкий (крім азотної та льодяної оцтової), лугостійкий. Прозорий – пропускає  $90\%$  променів видимої частини спектру. Недоліки – крихкий, погана стійкість щодо органічних розчинників. Застосовують для виготовлення пінопластів, облицювальних плиток.

**Поліакрилати** – полімери акрилової і метакрилової кислот і їх похідних. Прозорі безбарвні, світлоатмосферостійкі. Густина  $1,2 \text{ г/см}^3$ . Температура розм'якшення –  $80 - 100^{\circ}\text{C}$ . Міцність при розтягу  $75 \text{ МПа}$ . Найбільше поширення має метилметакрилат – органічне скло. Воно пропускає  $99\%$  сонячного світла і  $70\%$  ультрафіолетового. Застосовують для скління теплиць, оранжерей, басейнів, застосовують у вигляді емульсій, лаків, фарб.

## Поліконденсаційні полімери

**Фенолальдегідні** полімери – продукт поліконденсації фенолу і формальдегіду, фурфуролу. Використовують їх як зв'язуючу речовину у виробництві паперово-, деревношаруватих, деревостружкових плит, сотопластів, мінераловатних матів, шлаковатних матів, газонаповнених матеріалів, спиртових лаків, клеїв. Із прес-порошків формальдегідних полімерів методом гарячого пресування виготовляють профілі, розетки, вентиляційні решітки, архітектурні деталі. Має високу твердість, міцність. Тепло - і світлостійкість, хороші естетичні властивості.

**Епоксидні полімери** отримують поліконденсацією епіхлоргідрину з дефінілпропаном. Матеріал має хорошу адгезію до різних будматеріалів, незначну усадку, високі міцнісні показники. Застосування – виготовлення водо- і хімічно стійких клеїв, як зв'язуючу речовину для склопластиків, полімербетонів.

**Поліуретани** – виготовлені з ізоціанітів і багатоатомних спиртів. Застосовують для виготовлення пінопластів, волокон, плівок, листових матеріалів. Має високу вологостійкість, температуростійкість до 110°C, пожежонебезпечні.

**Полієфіри** застосовують при виготовленні склопластиків, світлопрозорих та кольорових покриттів, санітарнотехнічних виробів, фасадних фарб, лаків. Робоча температура від -30°C до +80°C.

**Кремнійорганічні полімери (силікони)** мають високу теплостійкість (понад 400°C), водостійкість, гідрофобність, хімічну стійкість, морозостійкість. Недоліки – невисока механічна міцність, слабка адгезія щодо інших матеріалів. Застосовують для виготовлення захисних та жаростійких покриттів, гідрофобізуючих речовин, клеїв, емалей, фарб, герметиків, пінопластів, склопластиків.

Виготовлення полімерних матеріалів і виробів включає такі етапи:

- підготовку сировинних компонентів;
- дозування;
- змішування;
- формування;
- стабілізація.

## Методи виготовлення полімерних матеріалів:

*вальцювання* – пластмаса формується у невеликому за товщиною просторі між вальцями, які обертаються. Цим добиваються однорідності маси, її пластифікації. Утворюється нескінченне полотно заданої ширини і товщини. Таким способом виготовляють рулонні матеріали, плівкові, листові;

*екструзія* – через формоутворювальний отвір (мундштук) протискують нагріту масу і тим надають виробам певного профілю. Цей

процес виконують на шнекових екструзійних машинах, виготовляють профільні погонажні будівельні вироби, труби, листи, плівки, лінолеум;

*пресування* (цей спосіб застосовують для виготовлення виробів на основі термопластів) – а) формування у прес-формах виробів із прес-порошків. Так виготовляють будівельну фурнітуру, віконні та дверні пристосування, сантехобладнання; б) плоске пресування у багатоповерхових пресах при виготовленні листових паперових і деревних шаруватих пластиків, фанери, деревостружкових плит, текстолітів;

*лиття під тиском* застосовують для виготовлення виробів з термопластів. Литтєва машина містить у собі нагрівальний циліндр, у якому до в'язко-текучого стану підігрівається полімер і упорскується в рознімну форму. Охолодження відбувається водою. Так виготовляють полістирольну плитку, деталі для з'єднання труб тощо;

*термоформування* відбувається такими методами: штампування; пневмоформування; вакуумування. Із заготовки простої форми (листової, трубчастої, плівкової) одним із методів виготовляють складні деталі;

*зварювання і склеювання* застосовують для з'єднання заготовок із пластмас, а саме зварювання – для термопластичних матеріалів, склеювання – для термопластів і реактопластів;

*нашлення* – спосіб нанесення на поверхню будівельних виробів і конструкцій порошкоподібних полімерів, які розплавляються і прилипають до поверхні заготовки. При охолодженні утворюється міцна плівка покриття, що має декоративні і антикорозійні властивості.

**Основні властивості полімерних матеріалів** залежать від хімічної будови полімеру, типу наповнювача, вмісту добавок (пластифікаторів, барвників, стабілізаторів), технології виготовлення.

*Середня густина* – 900 – 2200 кг/м<sup>3</sup>. На цей показник найбільше впливають наповнювачі (вони становлять більшу частину об'єму). Так, для полімербетону, де застосовано важкі наповнювачі,  $\rho_m = 2000$  кг/м<sup>3</sup>. На показник середньої густини впливає пористість матеріалу. Для ніздрюватих пластмас при пористості до 95%  $\rho_m = 10 - 20$  кг/м<sup>3</sup>.

*Міцність* пластмас висока. Коефіцієнт конструктивної якості становить 100 – 200 МПа (для цегли 2 МПа, для бетону 4 МПа). Границя міцності може досягати при стиску 350 МПа, при розтягу 450 МПа, при вигині 550 МПа.

*Водопоглинання* щільних гідрофобних пластмас становить 0,1 – 0,5, пористих пластмас з відкритою пористістю – 30 – 90%. Полімерні плівкові, рулонні, мастикові матеріали на основі поліетилену, полівінілхлориду, синтетичних каучуків застосовують для гідроізоляції.

*Діелектричні* властивості пластмас використовують широко у виробництві електроізоляції, але для пластмас характерна здатність

накопичувати статичну електрику на поверхні. Цей електростатичний заряд може негативно впливати на людину.

*Теплопровідність* пластмас низька. Це особливо важливо для огорожувальних конструкцій. Поропласти мають коефіцієнт теплопровідності 0,03 – 0,05 Вт/мК.

*Хімічна стійкість* – дуже важлива характеристика пластмас, залежить від полімеру, наповнювача, пластифікатора. Дає можливість захистити будівельну конструкцію від корозії у воді, від розчинених солей, кислот, інших агресивних середовищ.

*Стіраність* для пластмас є низькою, що важливо при застосуванні полімерних матеріалів для влаштування підлог.

*Декоративні властивості* пластмас хороші, тому вони застосовуються для оздоблення стін, підлог.

### **Негативні властивості пластмас:**

*Низька теплостійкість* (60 – 80<sup>0</sup>С), лише деякі пластмаси мають 200 – 350<sup>0</sup>С.

*Пластмаси горючі*, виділяють отруйні гази при згорянні, легко спалахують.

*Токсичність* деяких пластмас обмежує використання їх всередині приміщень, де можливе займання і де знаходяться люди. Для всіх полімерних матеріалів обов'язково встановлюється ступінь токсичності для кожного виду.

*Поверхнева твердість* пластмас мала.

*Повзучість* пластмас виявляється появою необоротних деформацій при тривалій дії навантажень. З підвищенням температури повзучість наростає і призводить до небажаних деформацій конструкції.

*Модуль пружності E* навіть при нормальних температурах набагато нижчий від модуля пружності інших будівельних матеріалів.

*ТКЛР* (температурний коефіцієнт лінійного розширення) для полістиролу становить 160 – 230·10<sup>-6</sup> м/К, що у 10 разів більше, ніж сталі.

*Старіння* пластмас спричиняється дією кисню повітря, світла, тепла. З часом властивості погіршуються.

### **Матеріали для підлог**

**Лінолеум** – рулонний матеріал. Виготовляють на основі полівінілхлоридних, гумових, алкідних полімерів. Призначені для покриття підлог у житлових, громадських, промислових приміщеннях. Строк служби 20 – 25 років. Випускають безосновні лінолеуми одношарові та багатошарові; на тканинній основі, повстяній основі та ін.

*Полівінілхлоридний* (ГОСТ 14632-79 – безосновний, багатошаровий; ГОСТ 7251-77 - на тканинній основі) лінолеум виготовляють у вигляді полотнищ завширшки 1,2 – 2,4 м, товщина 2 мм, довжина не менше 12 м. Зберігають вертикально у рулонах при температурі не нижче +10<sup>0</sup>С.

Приклеюють до основи бітумними мастиками. Зварюють у килим на всю площу підлоги.

*Гліфталевий* (алкідний) лінолеум на тканинній основі. Має основний недолік – крихкість, особливо при низьких температурах.

*Колоксиліновий* (нітроцелюлозний) одношаровий лінолеум, без підоснови. Має характерний коричневий або червоний колір, високу гнучкість, навіть при низьких температурах. Недолік – займистість.

*Релін* (ГОСТ 16914-71, типи А, Б, В) – гумовий лінолеум, виготовляється на основі синтетичних каучуків. Це дво- або тришаровий рулонний матеріал. Має низьке водопоглинання, низьку зносостійкість, високу еластичність, світло- і кольороустійкість, кислотоустійкість, лугостійкість, звукопоглинальність.

**Синтетичні килимові покриття** – неткані матеріали ворсової чи повстяної структури. У них високі діелектричні і комфортні характеристики. Виготовляються зі зносостійких синтетичних (поліамідних, поліпропіленових) волокон. За способом виробництва:

- ворсово-прошивні (гафтингові) з розрізним або петельним ворсом різної висоти;
- голкопробивні (повстяні) безворсові матеріали;
- промазні з петельним ворсом та полівінілхлоридною плівковою основою;
- електростатичні з оксамитистою ворсовою структурою.

Випускають у вигляді рулонів шириною 1 – 3 м, товщина їх 3 – 8 мм, довжина не менше 10 м. За кольором бувають однотонними чи з візерунком.

**Плитки для підлоги** виготовляють з полівінілхлориду, інденкумаронових полімерів, каучуків, регенованої гуми, фенопластів. У порівнянні з рулонними матеріалами плиткові надійніше кріпляться до основи, легко замінюються під час ремонту, можна створити певний орнамент, не дають відходів при укладанні, зручні при транспортуванні. Недоліки – менш гігієнічні, ніж рулонні; при укладанні потребують більших затрат праці.

**Мастикові безшовні матеріали** наносять поливанням, розпилюванням на бетонну основу. Твердіння відбувається при кімнатній температурі. Виготовляють мастики на полімерних в'язучих (полівінілацетат, поліакрилонітрил), вводяться спеціальні добавки, за рахунок яких покриття набувають певних якостей – теплоізоляційних, пиловідштукхувальних, бактерицидних, діелектричних, рентгенонепрокичних.

### **Стінові матеріали**

**Конструкційні** – склопластики.

**Оздоблювальні** – декоративні паперово-шаруваті пластики, полістирольні плити, фенолітові плити, рулонні оздоблювальні матеріали: лінкруст, оздоблювальні плівки, водостійкі шпалери.

**Конструкційно-облицювальні** – деревостружкові плити, деревоволокнисті плити, деревношаруваті пластики.

**Деревношаруваті пластики** – листовий матеріал, отриманий гарячим пресуванням листів деревного шпону, просоченого полімером в кількості 16 – 24% від всієї маси. Розміри листів: довжина 70 – 560 см, ширина 80 – 120 см, товщина тонколистових 1 – 15 мм, груболистових 80 – 120 мм. Густина 1230 – 1330 кг/м<sup>3</sup>. Границя міцності при вигині 150 – 280 МПа. Мають високу теплостійкість, низьку теплопровідність, високу стійкість до органічних розчинників, масел, атмосферостійкі, піддаються механічній обробці. Використовують для обшивки стін зовні і зсередини, для виготовлення тришарових стінових панелей.

**Деревостружкові плити** легко піддаються механічній обробці (розпилюванню, свердлінню, гвоздими). Легкі, міцні, мають естетичний вигляд, теплозвукоізоляційні. ДСП бувають суцільні, пустотні; оздоблені і неофактурені. Їх застосовують для зведення каркасних і щитових перегородок, вбудованих меблів, оздоблення стін, стелі. Густина 500 – 660кг/м<sup>3</sup>. Границя міцності при вигині 4 – 12 МПа для плит, виготовлених методом екструзії, 13 – 21 МПа – для плит плоского пресування. Виготовляють ДСП з відходів деревини, полімерних в'язучих, антисептиків, антипіренів, гідрофобізаторів.

**Деревоволокнисті плити** – листові матеріали, отримані шляхом гарячого пресування волокнистої маси (органічні волокнисті наповнювачі з синтетичними полімерами). Розміри довжина 120 - 540 см, ширина 120 - 180 см, товщина 3 – 4 мм. Зберігають у закритих приміщеннях без різких коливань температури і вологості, у горизонтальному положенні. Не використовують у приміщеннях з підвищеним вологісним режимом.

**Склопластики** – матеріали, що складаються зі скловолокнистої основи і синтетичного полімеру (епоксидні, фенолформальдегідні смоли). Основа буває з суцільного чи подрібненого скловолокна, склотканини, склошпону. Склопластики мають досить високу міцність при розтягу, вигині, не горять, не гниють, мало гігроскопічні. У них висока хімічна стійкість, корозійна стійкість. Склопластики мають хорошу тепло -, звуко-, електроізоляцію. Більшість склопластиків є прозорими або напівпрозорими чи різнобарвними. Склопластики на основі рубаного скловолокна випускають у листах завдовжки 100...600 см, ширина 150 см, завтовшки 1 – 2,5 мм. Вони прозорі (пропускають до 85% світла). Недоліки – великі витрати полімеру (до 70% за масою). Склотекстоліт виготовляють методом гарячого пресування зі склотканини різних переплетінь. Випускають їх у вигляді листів і плит довжиною 240 см, шириною 60 – 120 см, товщина її 0,5 – 35 мм. Застосування – для влаштування електророзподільних щитів та для роботи в агресивних середовищах. Скловолокнистий анізотропний матеріал (СВАМ) відрізняється від склотекстоліту тим, що основою для нього служить не склотканина, а склошпон. СВАМ має найвищі міцнісні характеристики, середня густина становить 1900 – 2000 кг/м<sup>3</sup>. Склопластики використовують у вигляді плоских та хвилястих листів для влаштування світлопрозорої покрівлі промислових

будівель і споруд, теплиць, оранжерей, для малих архітектурних форм, тришарових світлопрозорих та глухих огорожувальних засобів та покриттів, оболонок та куполів, віконних та дверних блоків, сантехвиробів.

**Стінові панелі** (тришарові) – найперспективніші для крупнопанельного будівництва. Два тонких зовнішніх шари у таких панелях з міцного конструкційного матеріалу, а середній шар – тепло-, звукоізоляційний полімерний матеріал, з високою вогнестійкістю, біостійкістю, незначним водопоглинанням. Зовнішні шари несучі, тому повинні бути міцні, вогнестійкі, водостійкі, морозостійкі, атмосферостійкі. Їх виготовляють з деревних пластиків, склопластиків, алюмінію, азбестоцементу. Внутрішній шар, всередині приміщення, повинен бути гігієнічним, без запаху, не давати шкідливих виділень. Виготовляють панелі склеюванням елементів різними клеми на основі карбамідних, епоксидних, фенолформальдегідних полімерних смол. У випадках, коли внутрішній шар передбачено пінопластовий, то між двома зовнішніми шарами засипають гранули чи порошок, спінують їх на місці і пінопласт добре склеює 2 зовнішніх шари.

### **Оздоблювальні матеріали**

**Декоративний паперово-шаруватий пластик** виготовляють гарячим пресуванням просоченого термореактивним полімером паперу. Це листовий матеріал. Основна сировина – фенолформальдегідні і карбамідні полімери. Властивості – морозостійкий, не розшаровується, легко піддається механічній обробці, добре миється, має хороші технологічні і експлуатаційні властивості. Широко використовується як декоративно-оздоблювальний матеріал. Листи кріплять до поверхні цвяхами, шурупами, рейками. Розміри листів: довжина 100 – 300 см, ширина 60 – 160 см, товщина 1 – 5 мм, густина 1200 – 1400 кг/м<sup>3</sup>, границя міцності при вигині 100 МПа.

**Полістирольні плитки** литі під тиском пластинки розмірами 100 x 100 x 1,25 мм або 150 x 150 x 1,35 мм (останнім часом довільних розмірів). Сировина – емульсійний полістирол, тонкомелені мінеральні наповнювачі. Лицьова поверхня має різну фактуру, зворотна – рельєфна. Висока міцність, різноманітне забарвлення, легкість, водонепроникність. Використання – оздоблення стін душових, санвузлів, торгових, лікувальних, дитячих закладів. Прикріплюють до стін каніфольними мастиками. Недолік – горючість.

**Полістирольні листи** розмірами 1400 x 600 мм, завтовшки 1,5 – 4мм виготовляють методом екструзії з удароміцного полістиролу. Використовують для облицювання стін приміщень громадських будівель.

**Фенолітові плитки** випускають завтовшки 1,5 мм довільних розмірів (наприклад, 100 x 100, 150 x 150, 600 x 600 мм). Мають хорошу водостійкість, кислотостійкість, морозостійкість, не адсорбують ртуть та її пари. Облицьовують стіни у цехах, лабораторіях з агресивними випарами, у санвузлах, вестибулях, сходових клітках.

### **Рулонні стінові матеріали**

**Плівкові матеріали** – основні та безосновні. Основа – кольорова полівінілхлоридна плівка, наклеєна на паперову, тканинну чи звукоізолюючу еластичну основу. Лицьова поверхня – гладка або рельєфна. На паперовій підоснові випускають “ІЗОПЛЕН”, “ПІНОПЛЕН”, “ПОЛІПЛЕН”, це рулонні матеріали. Ширина рулону 0,5 – 1,3 м, довжина 6, 12, 20 м. Плівка стійка до дії мила, синтетичних миючих засобів. Застосовується для оздоблення житлових, громадських, промислових приміщень. Безосновні матеріали виготовляються у вигляді тонкої полівінілхлоридної плівки різного кольору. На внутрішній стороні клеєва мастика, прикрита допоміжним папером. Ширина 50, 60, 75 см, товщина 0,1 – 0,2 мм, довжина 12 м.

**Лінкруст** – різновид плівок на паперовій основі. Рулони завдовжки 12 м, ширина 500 – 750 мм, товщина 0,5 – 1,2 мм. На одну сторону паперової основи наносять шар пасти (полівінілхлорид з наповнювачем, пластифікатором, барвником. Наповнювачем служить пробкова чи деревинна мука). Лицьова поверхня гладка або рельєфна. Лінкруст водостійкий, гниlostійкий, не коробиться, стійкий до механічних впливів, не вицвітає на сонці. Використовується для облицювання стін, перегородок, вбудованих меблів у житлових, громадських будівлях.

**Водостійкі шпалери** – паперовий матеріал, вкритий з лицьового боку шаром полівінілацетатної емульсії.

**Текстовініт** – рулонний матеріал на тканинній основі. На бавовняну тканину наноситься паста (суміш полівінілхлориду, пластифікатору, мінеральних пігментів) з наступним тисненням і термообробкою. Використовується для оздоблення панелей стін, меблів, дверей.

**Павінол** близький до текстовініту. Використовується у виготовленні меблів, для акустичного опорядження стін, перегородок.

### **Гідроізоляційні, покрівельні полімерні матеріали**

Спільною ознакою цих матеріалів є водо-, паронепроникність, тріщиностійкість, водостійкість, атмосферостійкість.

**Поліетиленова плівка** – рулонний гідроізоляційний та пароізоляційний матеріал завтовшки 0,2; 0,085; 0,06 мм. Біологічно стійка, еластична, легко зварюється у полотна. На поверхні наклеюється бітумними або полімерними мастиками. Використовується для покриття поверхні бетону при твердінні, для захисту частин будівель від ґрунтових вод, для ізоляції дна каналів для зниження фільтрації води, при спорудженні теплиць, має високу морозостійкість. Недоліки – підвищена здатність до старіння, особливо при дії світла, можливе пошкодження гризунами. Виготовляють методом екструзії у рулонах завдовжки 25 м, шириною 80 – 90, 120, 140 см, товщиною відповідно 0,2 мм, 0,085 мм, 0,06 мм.

**Ізол** – безосновний гідроізоляційний, покрівельний матеріал. Виготовляють на основі гуми і бітуму з наповнювачами. Гумово-бітумна в'язуча речовина отримується шляхом девулканізації зношеної гуми. Залежно

від складу гумово-бітумної в'язучої речовини, від кількості наповнювачів ізол може бути виготовленим у вигляді

- *рулонного* матеріалу для гідроізоляції і влаштування даху. Рулонний ізол виготовляють з гумово-бітумної в'язучої речовини, азбесту, пластифікатора, антисептика. Полотно площею 10 м<sup>2</sup>, ширина 80, 100 см, товщина 2 мм. Посипка – тальк, крейда;
- *покрівельних плиток*, виготовлених штамповкою з листа ізолу, мають більшу щільність, твердість. Товщина 4 – 6 мм. Використовують для влаштування лускоподібної покрівлі, до основи приклеюються мастиками, а до дерев'яної основи – цвяхами;
- *гідроізоляційної мастики*. Мастика має хорошу адгезію щодо металу, скла, кераміки, бетону. Основне призначення – гідроізоляція, особливо у випадках, коли потрібна гідроізоляція складної форми.

### Герметики

Герметизаційні матеріали мають основне призначення – ущільнення стиків між панелями будівель з метою надання їм водо-, паро-, повітрянепроникності. Герметики повинні деформуватись разом з конструкціями, бути морозостійкими, атмосферостійкими, тепло-, водостійкими і непроникними.

**Поліізобутиленова плівка УП-50** застосовується для герметизації вертикальних стиків, що піддаються постійним деформаціям. Склад – поліізобутилен – до 20%, поліетилен – до 6%, парафін – до 6%, сажа 10 – 12%, решта – кам'яне вугілля. Густина 1300 кг/м<sup>3</sup>.

**Тіоколовий герметик У-30М** найперспективніший. Тіоколові плівки і пасти (сировиною є тіокол = полісульфідний каучук) застосовують для герметизації горизонтальних і вертикальних швів. Наносять шпателем або пензлем у суху погоду. Шви попередньо очищають металевими щітками, для кращого зчеплення знежирювачами.

**Пороізол** – пластикна прокладка з пористої гуми. Виготовляють вулканізацією зі старих автопокришок з попереднім стиском у об'ємі до 40 – 60%. Густина 250 – 400 кг/м<sup>3</sup>. Випускають у вигляді джгутів, (по 10 у зв'язках), кріплять на мастику МРБ-Х-П-2.

### Теплоізоляційні матеріали

*Пінопласти* – матеріали, структура яких містить систему ізольованих пор. *Поропласти* – матеріали, із сполученими порами. *Сотопласти* – теплоізоляційні матеріали, будова яких включає регулярно повторювані пороти.

**Пінопласти** випускають трьох марок – конструкційні ПС-1, ПС-4, тепло -, звукоізоляційний ПС-Б у вигляді плит різних розмірів. Їх застосовують у заповненні тришарових панелей, для будівництва холодильників, як ізоляція труб, теплоізоляція суміщених покрівель, стін, при

облаштуванні театрів, концертних залів. Біологічно стійкий, гвоздимий, хороша адгезія. Недолік – горить.

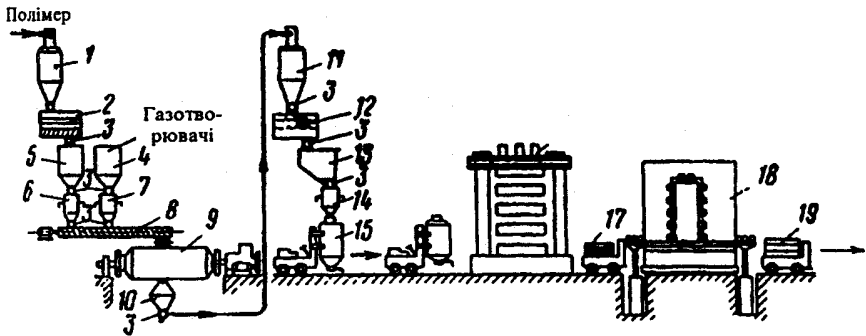


Рис. 15.1. Технологічна схема виробництва пінопластів пресовим способом: 1 – бункер-циклон; 2 – сито; 3 – шлюзовий засув; 4 – бункер для газотворювачів; 5 – бункер для полімеру; 6, 7, 14 – дозатори; 8 – шнек; 9 – кульковий млин; 10, 11, 13 – бункери; 12 – вібросито; 15 – автонавантажувач; 16 – прес; 17, 19 – автокари; 18 – камера спінування

**Пінополівінілхлорид** – застосовується у вигляді твердої піни, менш горючий від пінополістиролу.

**Газонаповнений поліуретан** –

- *жорсткий* - у вигляді плит утеплювача в стінових панелях чи багат шарових стінах, застосовується для ізоляції мереж холодного та гарячого водопостачання, магістральних трубопроводів;
- *еластичний* – для герметизації стиків панелей, а також у вигляді ущільнюючих прокладок для ущільнення вікон, дверей, для зменшення тепловтрат, покращення звуко-, пилопроникності.

**Міпора** – пінопласт на основі мочевино-формальдегідного полімеру (затверділа піна) у вигляді блоків завтовшки 20, 10 см. Міпора не горить при наявності відкритого вогню.

**Пінопласти** на основі фенолформальдегідних полімерів застосовуються у вигляді плит для заповнення тришарових конструкцій. Використовуються до температури 250<sup>0</sup>С.

**Сотопласти** (у перерізі нагадують бджолині соти) мають властивості, близькі до властивостей пінопластів, проте їх теплостійкість і міцність вища. Виготовляють методом гарячого пресування з паперу, тканини, шпону з попереднім просоченням термореактивним полімером. Використовується у тришарових панелях.

**Полімерні вироби**

**Труби.** У порівнянні з металевими, пластмасові труби легші, стійкіші щодо дії лугів, кислот, гнучкі, мають високу корозійну стійкість, низьку теплопровідність, простіші при монтажі. Їх недолік – низька теплостійкість (60 – 70<sup>0</sup>С) і значне лінійне розширення. Труби виготовляють методом екструзії або відцентровим литтям діаметром 10 – 630 мм з поліетилену, 50 – 80 мм з поліпропілену та органічного скла, 10 – 400 мм з полівінілхлориду, 30 – 300 мм зі склопластиків. Довжина ланок труб 6 – 12 м.

**Погонажні вироби** – плінтуси, поручні, накладки на сходи.

**Великогабаритні вироби** – ванни, раковини – виготовляють методом пресування з термореактивних полімерів або методом вакуумного формування з термопластичних полімерів. Переваги таких виробів над металевими: низька маса, кращі експлуатаційні характеристики, вища естетичність.

### Клеї

На основі *термопластичних полімерів*: полівінілацетатні, перхлорвінілові, поліамідні, поліакрилові, каучукові. Застосування – кріплення фурнітури, склеювання пінопластів, поропластів.

На основі *термореактивних полімерів* (для силового склеювання): епоксидні, фенолформальдегідні, карбамідні, поліефірні, поліуретанові. Властивості: водостійкі, теплостійкі, вібростійкі. Застосування – склеювання алюмінію, сталі, кераміки, бетону, скла, дерева.

## Тема 15. ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

1. Особливості будови та властивості матеріалів.
2. Неорганічні та органічні теплоізоляційні матеріали.
3. Використання теплоізоляційних матеріалів.

Теплоізоляційні матеріали застосовуються для теплової ізоляції огорожувальних конструкцій будівель, промислового та енергетичного обладнання, трубопроводів. Коефіцієнт теплопровідності таких матеріалів не вищий за 0,18 Вт/мК, густина до 600 кг/м<sup>3</sup>.

За коефіцієнтом теплопровідності всі теплоізоляційні матеріали поділяють на 3 класи: А – малотеплопровідні,  $\lambda = 0,058$  Вт/мК; Б – середньотеплопровідні  $\lambda = 0,058 - 0,116$  Вт/мК; В – підвищеної теплопровідності  $\lambda \leq 0,18$  Вт/мК.

За середньою густиною теплоізоляційні матеріали є таких марок: ОЛ – особливо легкі – 15, 25, 35, 50, 75, 100 кг/м<sup>3</sup>, ЛІ – легкі – 125, 150, 175, 200, 250, 300 кг/м<sup>3</sup>; Т – важкі – 400, 450 500, 600 кг/м<sup>3</sup>.

Коли через огорожувачу конструкцію проходить тепловий потік, вона чинить опір. Цей опір характеризується величиною, яка обернена до коефіцієнту теплопровідності

$$R_0 = l / \lambda,$$

і називається опором теплопередаванню.

Найвищий опір теплопередаванню чинять ті матеріали, у яких найвища пористість, причому, там, де пори закриті, сферичні, діаметром 0,1 – 2,0 мм. Повітря, що міститься у порах практично нерухоме, а повітря, як відомо, має найменший коефіцієнт теплопровідності, що становить 0,023 Вт/мК. Тому при створенні теплоізоляційних матеріалів слід старатися наблизитися до цього показника. Пористість теплоізоляційних матеріалів становить не менше 50%, а для деяких ніздрюватих пластмас навіть 90 – 98%. Водонасичення, особливо замерзання води у порах матеріалу призводить до різкого збільшення теплопровідності, бо теплопровідність води у 25 разів більша, а у льоду у 100 разів більша, ніж у повітря. Тому всі теплоізоляційні матеріали потрібно захищати від зволоження.

### Неорганічні теплоізоляційні матеріали

Характеризуються низькою теплопровідністю, високою вогнестійкістю, низькою гігроскопічністю, стійкістю щодо загнивання. Їх використовують для утеплення будівельних конструкцій, ізоляції гарячих чи холодних поверхонь промислового обладнання і трубопроводів.

**Мінеральна вата.** Сировина – гірські породи: доломіт, вапняк, мергель, базальт, шлак, зола. Технологія виготовлення: плавлення сировини, отримання волокон. Розплав відбувається у шахтних печах-вагранках, у ванних печах. Волокноутворення відбувається відцентровим способом, дуттям. Густина 75 – 150 кг/м<sup>3</sup>, коефіцієнт теплопровідності 0,042 – 0,046 Вт/мК. Температура використання від –200 до +600°C. Застосовують мінеральну вату у вигляді гранул для засипки, для виготовлення матів, повсті, жорстких чи напівжорстких плит, шкаралуп, сегментів.

*Мінеральна повсть* – виготовляється у вигляді листів, рулонів. Для скріплення між собою волокон мінеральну вату просочують синтетичними смолами і пресують. Густина 100 – 150 кг/м<sup>3</sup>,  $\lambda = 0,046 – 0,052$  Вт/мК. Використання – для утеплення стін і перекриттів будівель.

*Мінеральні мати* – у вигляді килима, який складається з шару мінеральної вати між двома шарами бітумінізованого паперу або склотканини чи металевої сітки. Килим прошивають ниткою чи дротом. Розміри матів 500 x 150 x 10, густина 100 – 200 кг/м<sup>3</sup>,  $\lambda = 0,046 – 0,058$  Вт/мК.

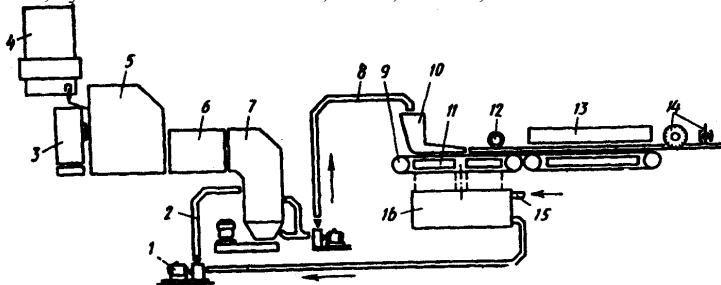


Рис. 16.1. Технологічна лінія виробництва мінераловатних плит: 1 – насос;

2 – трубопровід зв'язуючої речовини; 3 – центрифуга; 4 – лійка; 5 – камера осадження волокон; 6 – розрихлювач вати; 7 – пульпатор; 8 – трубопровід подачі пульпи; 9 – формувальний конвеєр; 10 – зливний пристрій; 11 – камера відсмоктування; 12 – валик; 13 – камера теплообробки; 14 – різак; 15 – трубопровід; 16 – рециркуляційний басейн

*Мінераловатні напівжорсткі плити* виготовляють напиленням у шар вати бітуму чи смоли з наступним пресуванням та тепловою обробкою для сушіння та полімеризації густина  $75 - 300 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,041 - 0,070 \text{ Вт/мК}$ . Температура використання до  $+60^\circ\text{C}$  на бітумі, до  $+200^\circ\text{C}$  на синтетичній зв'язуючій речовині.

*Мінераловатні жорсткі вироби* виготовляють з суміші мінеральної вати, бітумної емульсії, синтетичної смоли. Формують, пресують, піддають теплообробці, під час якої відбувається сушіння і полімеризація. Густина  $100 - 140 \text{ кг/м}^3$ , товщина матеріалу  $4 - 10 \text{ см}$ ,  $\lambda = 0,051 - 0,135 \text{ Вт/мК}$ . Використовують жорсткі мінераловатні вироби для утеплення стін, перекриттів, у покриттях житлових і промислових будівель, для теплоізоляції холодильників.

*Фасонні жорсткі вироби* (сегменти, шкаралупи) застосовують для теплоізоляції гарячих поверхонь. Виготовляють з мінеральної вати на синтетичній або бентоніто-колоїдній зв'язуючій речовині.

*Скловата* – різновид мінеральної вати. Сировина для її виготовлення – склобій або ті ж сировинні компоненти, що і для виготовлення скла. Виготовляють волокна відцентровим способом чи методом дуття. Густина до  $125 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,052 \text{ Вт/мК}$ . Переваги скловати: не виявляє усадки у теплоізоляційному шарі конструкції, не руйнується при вібрації, мало гігроскопічна, морозостійка, температура застосування до  $+200^\circ\text{C}$ , а прошивні мати зі скловати до  $+450^\circ\text{C}$ .

*Ніздрювате скло (піноскло)* виготовляють з тієї ж сировини, що і скловату, а також застосовують трахіт, сієніт, обсидіан, нефелін. Спікають сировину, додають газоутворювач (вапняк, кокс, антрацит). При температурі  $800 - 900^\circ\text{C}$  утворюється велика закрита пористість  $80 - 95\%$ , у міжпорових перегородках є і мікропори. Після печі матеріал розрізають на блоки певної величини і випалюють. Густина  $150 - 600 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,06 - 0,14 \text{ Вт/мК}$ , границя міцності при стиску  $2 - 6 \text{ МПа}$ , температура використання до  $300 - 400^\circ\text{C}$ , а безлужного скла до  $+1000^\circ\text{C}$ . Переваги: добре обробляється, не горить, не гниє, водо-, морозостійке. Недолік – піноскло крихке. Використання – для утеплення стін, перекриттів, покриттів громадських та промбудівель, для теплоізоляції теплоустановок, мереж, холодильників.

### **Матеріали зі спучених гірських порід**

**Спучений вермикуліт** – сипкий теплоізоляційний матеріал, отриманий шляхом подрібнення і короткотривалого випалювання протягом 3

– 5 хвилин природного вермикуліту. Вермикуліт – складний алюмосилікат магнію, продукт видозміни слюд, в основному біотиту. У процесі випалювання при температурі 800 – 1000<sup>0</sup>С вермикуліт спучується, збільшуючись у об’ємі в 20 разів і більше. Спучений вермикуліт має високу пористість, малу густину, низьку теплопровідність і високу температуростійкість. Насипна густина його залежить від умов випалювання і розмірів зерен. В залежності від розмірів зерен вермикуліт поділяють на 3 фракції: крупну 5 – 10 мм, середню – 0,6 – 5 мм, дрібну – до 0,6 мм. Вермикуліт виготовляють трьох марок: 100, 150, 200.

#### ПОКАЗНИКИ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СПУЧЕНОГО ВЕРМИКУЛІТУ

Марка	Насипна густина, кг/м <sup>3</sup>	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(мК), при температурі	
		20 – 30 <sup>0</sup> С	320 – 330 <sup>0</sup> С
100	100	0,064	0,151
150	150	0,07	0,157
200	200	0,076	0,162

Випалюють вермикуліт у шахтних або обертових печах. Найефективніший спосіб випалювання – у зваженому стані. Спучений вермикуліт сортують на фракції за крупністю зерен і за насипною густиною і запаковують у щільні паперові мішки. Зберігають вермикуліт у критих приміщеннях, не допускаючи зволоження, розпилення, забруднення, уціління. Висота складування вермикуліту у м’якій тарі не повинна перевищувати 1,5 м. Транспортують у критих вагонах і автомобілях.

Спучений вермикуліт – прекрасний теплоізоляційний матеріал. Його застосовують як засипку при температурі ізолюючих поверхонь від –260 до +1100<sup>0</sup>С. Вермикуліт застосовують для виготовлення теплоізоляційних виробів – додаючи в’язучі речовини формують плити, шкаралупи, сегменти. Температуростійкість виробів зі спученого вермикуліту залежить від в’язучої речовини: вироби на основі портландцементу мають температуростійкість до 1000<sup>0</sup>С, на основі глини з додаванням крохмалю – до 900<sup>0</sup>С, на основі полімерних в’язучих – не вище 200<sup>0</sup>С. Спучений вермикуліт застосовують як заповнювач для легких бетонів і для приготування штукатурних теплоізоляційних розчинів.

**Перліт** – кремнеземиста гірська порода вулканічного походження при короткотривалому випалюванні подрібненого перліту при температурі 700 – 1200<sup>0</sup>С отримується пористий матеріал у вигляді піску чи щебеню – спучений перліт. Окрім перліту сировиною можуть бути і інші вулканічні породи, які відносяться до групи вулканічних стекел. Загальною властивістю сировини усіх видів, що забезпечує спучення, є вміст води.

Показник збільшення об’єму при спучуванні перліту називають кратністю спучування (можу досягати 20). За розміром зерен спучений перліт поділяють на фракції: пісок дрібний – до 1,2 мм, крупний – 1,2 – 5 мм, щебін

дрібний – 5 – 10 мм, крупний – 10 – 20 мм. В залежності від насипної густини перлітовий пісок випускають таких марок – 100, 150, 200, 250, а перлітовий щебінь – марок 300, 400, 500. Коефіцієнт теплопровідності перлітового піску 0,052 – 0,07 Вт/(мК) при вологості не більше 2%.

Перліт випалюють у шахтних і обертових печах. Умови пакування, транспортування, зберігання аналогічні до вермикуліту. Допускається транспортувати перлітовий щебінь насипом без тари.

*Перлітовий щебінь* застосовують як заповнювач в теплоізоляційних та конструктивно-теплоізоляційних бетонах. Перлітовий пісок – заповнювач у бетонах і розчинах для виготовлення теплоізоляційних виробів, для вогнезахисної штукатурки. Пісок застосовують для теплоізоляційних засипок при температурі поверхонь від  $-200^{\circ}\text{C}$  до  $+800^{\circ}\text{C}$ .

Теплоізоляційні вироби зі спученого перліту можна отримати при додаванні до нього зв'язуючих речовин – портландцементу, рідкого скла, діатоміту. Залежно від зв'язуючих речовин вироби будуть мати різні показники густини, міцності, теплопровідності, теплостійкості.

### **Азбестомісткі матеріали та вироби**

**Азбест** – основна сировина для виготовлення теплоізоляційних матеріалів, які ефективно захищають поверхні з високою температурою: котли, автоклави, трубопроводи. Для виготовлення теплоізоляційних матеріалів застосовують головним чином хризотил-азбест, бо його волокна найміцніші і досить еластичні, легко розпушуються на окремі волокна, є достатні природні запаси. На заводи з виготовлення теплоізоляційних виробів подають уже збагачений азбест, відділений від азбестових руд і частково розпушений. Збагачений азбест це суміш дрібних пучків і окремих волокон різної довжини. Розпушення азбесту виконують на бігунах. На основі азбесту виготовляють сипкі порошкоподібні матеріали, рулонні і штучні вироби (плити, шкаралупи, сегменти).

**Азбестовий папір** – листовий чи рулонний матеріал, виготовлений із азбесту з додаванням склеюючої речовини (крохмалю до 5% від маси азбесту). Залежно від ступеню розпушення азбесту і ущільнення маси на листоформувальній машині густина азбестового паперу становить 450 – 950 кг/м<sup>3</sup>, коефіцієнт теплопровідності 0,128 – 0,174 Вт/(мК) при 0<sup>o</sup>C, і 0,14 – 0,198 Вт/(мК) при 100<sup>o</sup>C. При нагріванні понад 200<sup>o</sup>C густина і міцність азбестового паперу знижуються внаслідок вигорання органічних склеюючих речовин, при температурі понад 500<sup>o</sup>C волокна руйнуються внаслідок дегідратації азбесту (видалення кристалізаційної води). Тому температура 500<sup>o</sup>C гранична, до якої можна застосовувати азбестовий папір. Випускають папір завтовшки 0,3 – 1,5 мм, розміри листів 100 x 95 см, маса 1 м<sup>2</sup> 650 – 1900 г. Якщо гладенький папір пропустити через рельєфні барабани, то отримують гофрований папір, який застосовують для виготовлення азбестового картону.

**Азбестовий картон** виготовляють із азбестового паперу чи азбестового волокна, змішаного з наповнювачем (каооліном) і зв'язуючою

речовиною (крохмалем). Випускають чарункуватий азбокартон, який складається з шарів азбестового паперу, гладенького і гофрованого, склеєного між собою рідким склом чи клеєм. Листи 100 x 100 см, товщина 5 – 50 мм. Густина 250 – 600 кг/м<sup>3</sup>, теплопровідність 0,052 – 0,093 Вт/(мК) при 50<sup>0</sup>С. Азбестовий картон із азбестового волокна і наповнювача виготовляють на листоформівних машинах. Розміри 100 x 100 см, товщина 2 – 12 мм, густина 900 – 1000 кг/м<sup>3</sup>, теплопровідність 0,157 Вт/(мК) при 0<sup>0</sup>С, а при 100<sup>0</sup>С коефіцієнт теплопровідності 0,182 Вт/(мК).

**Азбестокремнеземисті матеріали** – порошкоподібні суміші, що складаються з розпушеного азбесту, кремнеземистих гірських порід. *Азбозурит* – суміш азбесту (15 – 30% сухої маси) з трепелом або діатомітом, що мають невелику густину. При змішуванні з водою у тонкомеленому стані вони утворюють пластичне тісто, яке твердне при висиханні. Азбестові волокна армують масу. Густина 650 – 850 кг/м<sup>3</sup>, коефіцієнт теплопровідності 0,186 – 0,256 Вт/мК, границя міцності при вигині не менше 1 МПа, температуростійкість 600<sup>0</sup>С.

**Азбестомагнезійні матеріали** складаються із сумішею азбесту з солями магнію і кальцію. *Ньювель* – теплоізоляційний матеріал, виготовлений із суміші азбесту і водної вуглекислої солі магнію. Дорогий. Теплостійкість до 250<sup>0</sup>С. *Совеліт* складається з суміші азбесту (15%) з вуглекислими солями магнію і кальцію (доломіт). Порошкоподібний совеліт замішують з водою і наносять у вигляді мастики на ізольовані поверхні або виготовляють совелітові плити розмірами 50 x 17 см, товщина 30, 40, 50 мм. Густина до 400 кг/м<sup>3</sup>, теплопровідність до 0,093 Вт/(мК) при температурі 100<sup>0</sup>С. Гранична температура 500<sup>0</sup>С.

**Азбестовапнянокремнеземисті матеріали**(*вулканіт*) отримують формуванням і автоклавною обробкою суміші азбесту (20%) з гашеним вапном (20%) і трепелом чи діатомітом (60%). Вулканіт випускають у вигляді плоских чи лекальних плит. Коефіцієнт теплопровідності 0,091Вт/(мК) при 50<sup>0</sup>С, густина до 400 кг/м<sup>3</sup>. Гранична температура застосування плит – до 600<sup>0</sup>С.

### **Органічні теплоізоляційні матеріали**

**Деревоволокнисті плити** виготовляють з органічних волокон (подрібненої неділової деревини, відходів деревообробки, макулатури, соломи, кукурудзи, бавовнику), води і спеціальних додатків (синтетичної смоли, парафіну, каніфолі, бітуму, азбесту, глинозему, гіпсу, антисептика, антипірену). Зневоднену масу ріжуть на плити розмірами до 1600 x 3000 м і подають на гаряче пресування. Густина 150 – 350 кг/м<sup>3</sup>,  $\lambda = 0,046 – 0,093$ Вт/мК. Границя міцності при вигині 0,4 – 2,0 МПа. Використовується для тепло - і звукоізоляції частин будівель.

**Деревостружкові плити** виготовляють методом гарячого пресування з суміші стружки дерева (90%), рідких термореактивних полімерів –

карбамідних, фенолформальдегідних (8 – 12%). Плити виготовляють одно - і багат шаровими, різної густини та теплоізоляції.

$\rho_m = 250 - 500 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,046 - 0,09 \text{ Вт/мК}$ .

**Фібролітові плити** виготовляють із суміші деревної шерсті, води, цементу. Вологість до 20%. Розміри плит – довжина 240, 300 см, ширина 60 – 120 см, товщина 3 – 15 см.  $\rho_m = 300 - 500 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,08 - 0,1 \text{ Вт/мК}$ . Залежно від густини фіброліт поділяється на марки – Ф300 – теплоізоляційний фіброліт, Ф400 і Ф500 – конструкційно-теплоізоляційний. Переваги – біологічно стійкий, важкоспалимий. Недоліки – при вологості понад 35% вражається домашнім грибком, тому поверхню слід оштукатурювати.

**Арболітові теплоізоляційні вироби** виготовляють із суміші рослинної сировини (тирси, дрібної стружки, щепок, солом'яної січки, очерету, соняшникового лущиння), мінералізатора, води, портландцементу.  $\rho_m = 500 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,1 - 0,126 \text{ Вт/мК}$ ,  $R_{ст} = 0,5 - 3,5 \text{ МПа}$ .

**Очеретяні плити (комишит)** виготовляють з тростини, очерету. Їх пресують, прошивають дротом.  $\rho_m = 150 - 250 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,046 - 0,093 \text{ Вт/мК}$ . Недоліки – загниває при зволоженні, матеріал негвоздимий, псується гризунами, займистий. Для усунення цих недоліків поверхню оштукатурюють, антисептують. Використовують для заповнення стін каркасних будівель, перегородок, утеплення перекриттів, у сільськогосподарському будівництві.

**Торф'яні матеріали** виготовляють з малорозкладеного торфу у вигляді плит, шкаралуп, сегментів. Суміш торфу, антисептику, антипірену, гідрофобізатора пресують у металевих формах і подають на теплообробку, під час якої з торфу виділяються смолисті речовини, які склеюють волокна, тому ніяких в'язучих речовин додатково не використовують. Торфоплити мають густину  $\rho_m = 170 - 220 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,058 - 0,064 \text{ Вт/мК}$ . Недолік – висока гігроскопічність і водопоглинання. Використовують для утеплення стін, перекриттів будівель, ізоляції холодильників і трубопроводів. Робочі температури від  $-60^\circ\text{C}$  до  $+100^\circ\text{C}$ .

**Будівельна вовна** – виготовляється з низьких сортів шерсті тварин з додаванням рослинних волокон, крохмального клейстеру. Розміри 200 x 200 см,  $\rho_m = 150 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,006 \text{ Вт/мК}$ . Недолік – вражається міллю, тому просочують 3% розчином фториду натрію. Використовують для тепло-, звукоізоляції стін, стель, вікон, дверей.

### **Полімерні теплоізоляційні матеріали**

**Пінопласти** випускають трьох марок – конструкційні ПС-1, ПС-4, тепло-, звукоізоляційний ПС-Б у вигляді плит різних розмірів. Їх застосовують у заповненні тришарових панелей, для будівництва холодильників, як ізоляція труб, теплоізоляція суміщених покрівель, стін, при облаштуванні театрів, концертних залів. Біологічно стійкий, гвоздимий, хороша адгезія. Недолік – горить.

**Пінополівінілхлорид** – застосовується у вигляді твердої піни, менш горючий від пінополістиролу.

**Газонаповнений поліуретан** –

- *жорсткий* - у вигляді плит утеплювача в стінових панелях чи багат шарових стінах, застосовується для ізоляції мереж холодного та гарячого водопостачання, магістральних трубопроводів;
- *еластичний* – для герметизації стиків панелей, а також у вигляді ущільнюючих прокладок для ущільнення вікон, дверей, для зменшення тепловтрат, покращення звуко- і пилопроникності.

**Міпора** – пінопласт на основі мочевино-формальдегідного полімеру (затверділа піна) у вигляді блоків завтовшки 20, 10 см. Міпора не горить при наявності відкритого вогню.

**Пінопласти** на основі фенолформальдегідних полімерів застосовують у вигляді плит для заповнення тришарових конструкцій. Використовують до температури 250<sup>0</sup>С.

**Сотопласти** (у перерізі нагадують бджолині соти) мають властивості близькі до властивостей пінопластів, проте їх теплостійкість і міцність вища. Виготовляють методом гарячого пресування з паперу, тканини, шпону з попереднім просоченням термореактивним полімером. Використовується у тришарових панелях.

## Тема 16. АКУСТИЧНІ МАТЕРІАЛИ

1. Загальні відомості. Акустичні властивості.
2. Звукопоглинальні матеріали.
3. Звукоізолюючі матеріали. Основні види, властивості та використання.

**Акустичні властивості:**

- звукопроникність – здатність матеріалу пропускати звукові хвилі;
- звукоізоляція – здатність матеріалу чинити опір проходженню звукової хвилі. Ця здатність характеризується ступенем зниження рівня звукового тиску внаслідок проходження звуку крізь конструкцію;
- звукопоглинання – здатність матеріалу поглинати звукові хвилі, що падають на нього, оцінюється коефіцієнтом звукопоглинання

$$\alpha = E_{\text{погл.}} / E_{\text{пад.}}$$

де  $E_{\text{погл.}}$  – кількість поглинутої звукової енергії,

$E_{\text{пад.}}$  – загальна кількість звукової енергії, яка падає на матеріал за одиницю часу.  $0 < \alpha < 1$ .

Звукова енергія, яка падає на огорожуючу конструкцію будівлі (стіну, стелю, підлогу) частково відображується від її поверхні, частково поглинається матеріалом, а частково проходить крізь нього.

Матеріали, які мають властивості послаблювати ударний шум і ізолювати приміщення від проникнення звуку є **звукоізоляційними**. Ударний

шум виникає і передається в огорожувальних конструкціях при ударних, вібраційних і інших впливах безпосередньо на конструкцію.

Матеріали, які мають здатність поглинати звук, гасити повітряний шум – **звукопоглинальні**. Повітряний шум виникає від роботи обладнання, музичних інструментів та інших збудників у повітряному середовищі.

Загальна назва цих матеріалів – акустичні.

**Акустичні матеріали** – це матеріали, які здатні поглинати звукову енергію, а також знижувати рівень потужності звуків, що проходять крізь них і виникають як у повітрі, так і в матеріалі огорожувальних конструкцій.

*Звукоізоляційна здатність* матеріалів оцінюється різницею рівнів звуку з обох боків огорожувальних конструкцій і виражається у дБ (децибелах), наприклад, для склоблоків 35 – 40 дБ. Граничні рівні шуму встановлюють залежно від призначення приміщення і частоти звуку. Вухом людини сприймає звукові коливання частотою 16000 – 20000 Гц. Особливо відчутні частоти 1500 – 3000 Гц (больовий поріг).

Найефективніші за звукоізоляцією є пристрої, до складу яких входять пористі матеріали чи багат шарові конструкції з повітряними прошарками, оскільки повітря гасить звукові коливання у своєму пружному середовищі.

Ефективність звукоізоляційних матеріалів зростає при наявності наскрізних пор чи перфорації. Одна з основних характеристик віброматеріалів і звукоізоляційних матеріалів у конструкціях є динамічний модуль пружності. Він відрізняється від статичного модуля пружності тим, що враховує затухання ударних звукових коливань за рахунок внутрішнього тертя. Чим менший динамічний модуль пружності, тим нижчою є швидкість поширення звуку. Наприклад, швидкість поширення поздовжньої хвилі у сталі 5050 м/с, а у бетоні 4100 м/с, дереві 1500 м/с, гумі 30 м/с.

**Звукоізоляційні матеріали** використовують у вигляді прошарків у міжповерхових перекриттях, у внутрішніх і зовнішніх стінах. У конструкціях вони можуть знаходитись у стиснутому стані завтовшки 1 – 2 см, і нестиснутому стані – до 5 см. До звукоізоляційних матеріалів належать:

- мати і плити напівжорсткі мінераловатні на полімерних в'язучих, скловатні на синтетичних в'язучих;
- мати і рулони прошивні скловатні;
- плити деревоволокнисті;
- плити азбестоцементні;
- прокладки з пористої гуми з губчастою структурою;
- прокладки з еластичних поропластів (полівінілхлоридних, поліуретанових);
- вібропоглинальні і віброізоляційні прокладки з жорстких та м'яких пластмас і гуми для гасіння вібраційних коливань та шумів від технологічного обладнання.

**Звукопоглинальні матеріали** використовують для оздоблення приміщень, в яких потрібно знизити рівень шуму і створити хороші акустичні

умови – промислові цехи, глядацькі зали і аудиторії. Ці матеріали знижують енергію звукових коливань, що падають на них і використовуються для боротьби з повітряним шумом. При застосуванні звукопоглинальних матеріалів у інтер'єрах будівель вони повинні мати і декоративні якості. Основна акустична характеристика – коефіцієнт звукопоглинання  $\alpha = E_{\text{погл.}} / E_{\text{пад.}}$ .

У звукопоглинальних матеріалів цей коефіцієнт не нижчий 0,2, у них відкрита пористість. При додатковій перфорації коефіцієнт звукопоглинання зростає на 10 – 20%.

Звукопоглинальні матеріали, які застосовуються у будівництві – мінераловатні плити на синтетичних в'язучих, акмігран і акмініт.

**Акмігран** отримують із мінеральної вати чи скловати, як в'язуче використовують суміш крохмалю, карбоксилметилцелюлози, бентоніту. Технологія виготовлення:

- грануляція мінеральної вати;
- виготовлення суміші в'язучих речовин;
- перемішування гранул і в'язучої складової;
- формування виробу (плити завтовшки 20 мм);
- сушіння;
- обробка під тріщинувату структуру.

**Акмініт** – відносно новий акустичний матеріал, виготовлений на основі гранульованої мінеральної вати і крохмалю з добавками (замість бентоніту використовують каолін). Технологія виготовлення акмініту: розрихлення і грануляція мінеральної вати; змішування гранул з в'язучою речовиною; формування плит методом заливання у форми; сушіння; механічна обробка; фарбування; пакування.

Акмініт використовують для звукопоглинального оздоблення стель і верхньої частини стін приміщень громадських, адміністративних будівель, які експлуатуються при температурі 5 – 25<sup>0</sup>С і вологості до 75%. Цей матеріал виготовляють у вигляді плит 300 x 300 x 20 мм. Густина  $\rho_m = 320 - 360 \text{ кг/м}^3$ ;  $R_{\text{виг.}} = 0,8 - 1,0 \text{ МПа}$ ;  $\alpha = 0,8 - 0,9$ . Плити акмініту кріплять до перекриттів металевими профілями, влаштовуючи паз по периметру, або приклеюють безпосередньо до жорсткої поверхні мастиками. Матеріал біологічно стійкий, вогнестійкий.

**Деревоволокнисті пористі плити** перфорують для кращих звукопоглинальних властивостей. Для кріплення влаштовують пази. Фарбують.

**Акустичні бетони і розчини** виготовляють на пористих заповнювачах (природна і шлакова пемза, керамзит, спучений перліт, вермикуліт), мінеральних в'язучих (портландцемент білий, кольорові, звичайний) у вигляді плит і блоків ніздрюватої структури з відкритою пористістю.

**Гіпсові акустичні плити** з наскрізною перфорацією армують скловолокном, з тильного боку обклеюють алюмінієвою фольгою. Використовують для підвісних конструкцій стель.

**Силакпор** – звукопоглинальні плити. При монтажі кріплять у підвісних конструкціях або приклеюють до стелі спеціальними мастиками.

## Тема 17. ЛАКОФАРБОВІ МАТЕРІАЛИ

1. Склад лакофарбових сумішей.
2. Пігменти.
3. Види лакофарбових сумішей.
4. Допоміжні лакофарбові матеріали.

**Лакофарбові матеріали** - це суміші, які у вязко-рідкому стані наносять одним шаром або кількома шарами на поверхню будівельної конструкції чи деталі з метою утворення твердої плівки для захисту від шкідливих впливів навколишнього середовища, для архітектурно-художнього оформлення, покращення санітарно-гігієнічних умов. Характеризуються ці матеріали хорошою адгезією щодо поверхонь, які зафарбовуються.

**Основні** лакофарбові матеріали – фарби, лаки, емалі.

**Допоміжні** – ґрунтовки, шпаклівки, розчинники, розбавлювачі, замазки.

Класифікація за типом плівкоутворювальних речовин:

- олійні,
- полімерні,
- вапняні,
- цементні,
- силікатні,
- клейові.

Лакофарбові матеріали складаються з двох основних компонентів:

- сухої речовини – наповнювачі, пігменти;
- рідкої – зв'язуюча речовина, розчинники.

**Пігменти** – тонко подрібнені кольорові порошки мінерального чи органічного походження, нерозчинні у воді і в розчинниках, але здатні утворювати у суміші з ними непрозорі покриття різних кольорів і відтінків. У будівництві при зовнішньому оздобленні споруд, сантехприміщень, пристроїв використовують, в основному, мінеральні пігменти, бо у них більша стійкість до атмосферних впливів, агресивних впливів. Для внутрішніх робіт частіше застосовують органічні пігменти (анілінові барвники, які виробляють з аніліну, нафталіну, антрацену та інших вуглеводнів), вони світлостійкі, різноманітних кольорів і забарвлень.

За походженням всі пігменти поділяються на натуральні і штучні.

**Природні (натуральні) пігменти** отримують шляхом нескладної механічної обробки (помел, просіювання) глинястих гірських порід, які містять окисли заліза: сурик (червоний), охра (жовтий, коричневий, червоний), мумія (червоний).

**Штучні пігменти** виробляють у заводських умовах на основі хімічних процесів: білила (білий), крон (червоний, жовтий), зелень (зелений).

**Металеві порошки** –

- *алюмінієва пудра*, має сріблястий колір, застосовується для фарбування металевих поверхонь, зв'язуюча речовина – олія, лаки;
- *бронзовий порошок* (сплав міді і алюмінію), має золотистий колір, застосовується для декоративного фарбування металевих поверхонь.

Пігменти, які містять свинець (свинцеві білила, свинцевий сурик) – **токсичні**.

### **Основні властивості пігментів**

**Барвна здатність, інтенсивність** – здатність пігменту передавати свій колір при змішуванні з іншими пігментами. Мала інтенсивність у охри, наприклад, при змішуванні з крейдою у співвідношенні 1 : 15 вона малопомітна. Висока інтенсивність у лазурі – синього пігменту, лише 0,1% дає голубого кольору крейді.

**Покривна здатність** – витрата пігменту для повного зафарбування 1м<sup>2</sup> поверхні (10 – 200 г/м<sup>2</sup>). Барвна здатність і покривна здатність не тотожні поняття. Так, наприклад, лазур з великою інтенсивністю має дуже низьку покривну здатність, а охра і сурик свинцевий навпаки – має незначну інтенсивність і високу покривну здатність. Покривність збільшується зі збільшенням різниці показників заломлення світла пігментом і зв'язуючою речовиною.

**Тонкість помелу** пігменту визначається просіюванням крізь сита. Чим вища тонкість помелу, тим більша інтенсивність, покривна здатність.

**Світлостійкість** – здатність пігменту зберігати свій колір при дії світла (стійкими є мінеральні пігменти – сурик, охра, мумія). Нестійкі пігменти при дії світла вицвітають, жовтіють, темніють.

**Атмосферостійкість** – здатність чинити опір спільній дії зміни температури, вологості, вуглекислого газу та інших. Стійкими є металомісткі пігменти – сурик свинцевий, сурик залізний, свинцеві білила, зелень хромова.

**Вогнестійкість** – здатність витримувати дію високих температур без зміни кольору. Органічні пігменти не вогнестійкі. Вогнестійкими пігментами є ультрамарин, хромова зелень, вони застосовуються при фарбуванні теплоустановок, опалюваних приладів.

**Хімічна стійкість** – стійкість щодо дії лугів і кислот. Свіжий бетон, свіжа вапняна штукатурка – лужні середовища, де міститься вільне вапно, що може зіпсувати фарбове покриття. Крім того, для фарбування ванних кімнат, пралень застосовують пігменти, стійкі щодо дії соди, їдкого натрію.

**Антикорозійна здатність** – здатність пігменту у сполуці зі зв’язуючою речовиною утворювати захисну плівку на метали, запобігаючи окисленню. Антикорозійними є свинцеві пігменти – білила, сурик, залізний сурик, цинковий крон, зелень, алюмінієва пудра. А такі пігменти як сажа, мумія штучна – навпаки, викликають корозію.

**Оліємісткість** – кількість олії, що необхідна для змішування з пігментом для отримання фарбової суміші. Для свинцевих білил оліємісткість незначна, для сажі – висока. Чим нижча оліємісткість, тим більша стиранисть покриття, бо руйнується, в основному, саме олійна плівка.

### **Білі пігменти**

Найширше використовуються для внутрішніх робіт, покращуючи освітленість кімнат, забезпечуючи санітарно-гігієнічні вимоги лікувальних закладів, підприємств громадського харчування тощо.

**Крейда** – єдиний природний пігмент, застосовується і як наповнювач. Використовується для розбілювання кольорових фарбових розчинів, для виготовлення клейових, силікатних фарб.

**Вапняно-водна суспензія** найчастіше застосовується для зовнішніх робіт – для побілки фасадів.

**Білила цинкові** (вміст окису цинку не менше 92%, вміст окису заліза не допускається, бо буде жовтий відтінок). Недоліком цього пігменту є те, що він розчинний у кислотах і лугах, їх атмосферостійкість невисока, тому для зовнішніх робіт майже не використовують, а лише для внутрішніх оздоблювальних робіт – фарбування дерева, металу, штукатурки. При дії сірчистих сполук кольору не міняють, бо новоутворення мають теж білий колір.

**Білила свинцеві** застосовуються рідко через токсичність. Пігмент має високу покривну здатність, світлостійкість, атмосферостійкість, найкращу корозійну стійкість, тому використовують для фарбування металевих поверхонь.

**Білила титанові** мають високу світлостійкість, атмосферостійкість, нерозчинні у кислотах, лугах, сірчистих сполуках, нетоксичні. Застосовують при високих температурах, а також для виготовлення кислотостійких фарб, для зовнішніх та внутрішніх робіт.

**Літопон** застосовують для внутрішніх робіт у вигляді олійних чи емалевих фарб. Пігмент не атмосферостійкий, не захищає від корозії, розчинний у кислотах, темніє.

### **Жовті пігменти**

**Охра** – природний пігмент – глина з вмістом окису заліза 11 – 18%, якщо містять оксид марганцю, то колір дещо темніший. Цей пігмент дешевий, атмосферостійкий, світлостійкий, лугостійкий. Застосовують в олійних, емалевих, клеєвих фарбах для фарбування підлог, стін всередині і зовні. Існує

три марки охри: А – для виготовлення художніх фарб, Б – для малярних фарб, В – для клеєвих фарб.

**Крон свинцевий жовтий** – штучний пігмент, токсичний, має відтінки від світло лимонного то темно жовтого. Антикоровозійний. При дії лугів червоніє. Використовується для олійних фарб, емалей для покриття металу, часом дерева.

**Крон цинковий жовтий** – штучний пігмент. Створює добрий захист металів від корозії, дуже висока світлостійкість. Використовується в олійних фарбах для роботи по металу.

### **Сині пігменти**

**Ультрамарин** – результат випалювання суміші каоліну, сірки, глауберової солі, вугілля, трепелу. Має середню світлостійкість, високу вогнестійкість, лугостійкість, проте некислотостійкий. Використовується для підсинювання білих олійних фарб і вапняних водорозчинних білильних фарб.

**Лазур** – штучний пігмент з дуже високою інтенсивністю, помірною антикорозійною здатністю, невисокою покривною здатністю. Світлостійка, нетоксична, але нетемпературостійка – при підвищенні температури переходить у коричневий колір. Нелугостійка, тому не використовується для виготовлення клеєвих фарб по цементу, бетону. Лазур застосовують в олійних фарбах, лакових емалях для роботи по дереву, металу.

### **Зелені пігменти**

**Зелень свинцева хромова** – механічна суміш жовтого свинцевого крону, лазурі і наповнювача. Властивості – хороша покривна, антикорозійна здатність, світлостійкість, проте лугостійкість дуже незначна, тому не використовують ці пігменти у вапняних і водно-клеєвих фарбах, для фарбування штукатурки. Основне застосування – олійні фарби по металу і дереву.

**Зелень цинкова** – механічна суміш, до складу якої входять зелений крон цинковий, лазур і наповнювач. Пігмент швидко руйнується при дії агресивного середовища. Використовується в олійних фарбах для роботи по металу, дереву.

**Окис хрому** – світло-, температуро-, кислото-, лугостійкий пігмент. Можна змішувати з усіма зв'язуючими речовинами. Використовують у приміщеннях з агресивними впливами (хімічні підприємства, гарячі поверхні труп тощо).

### **Червоні пігменти**

**Природна мумія** – дуже поширений, дешевий природний пігмент. Це земляна фарба – тонкодисперсний порошок глини зі значним вмістом оксиду заліза (понад 35%). Цей пігмент має високу світлостійкість і барвну здатність. Застосовують для внутрішніх і зовнішніх малярних робіт, в олійних, клеєвих фарбах по дереву, металу, штукатурці.

**Мумія штучна** – суміш випаленого сірчаноокислого кальцію з оксидом заліза. За кольором може бути світла, темна. Має високу

світлостійкість, покривну здатність, барвну здатність. Основний недолік – викликає корозію чорних металів. Застосовують для олійних та клеєвих фарб по дереву, штукатурці.

**Крон червоний** – яскравий червоно-оранжевий пігмент. Світлостійкий, має хорошу антикорозійну стійкість, тому застосовується для покриття чорних металів з метою захисту від корозії.

**Сурик свинцевий** – яскраво оранжевий, червоний. Лугостійкий, некіслотостійкий, має дуже високі антикорозійні властивості. Застосовується в олійних фарбах для надання антикорозійних властивостей підводним частинам металевих конструкцій (судна).

### **Коричневі пігменти**

**Залізний сурик** – природний пігмент, має високу стійкість до всіх впливів, хороша інтенсивність, покривна здатність. Застосовують в олійних фарбах для покриття металевих дахів для надання антикорозійної здатності. Пігмент світлостійкий, дешевий.

**Умбра** – природний пігмент, глина зі значним вмістом оксиду заліза (не менше 48%), оксиду марганцю (7 – 14%). У природі клір зеленувато-коричневий, а коли прожарюють, то колір стає червоно-коричневим. Оксид марганцю прискорює висихання олійної плівки. Такі фарби недорогі, досить стійкі.

### **Чорні пігменти**

**Сажа** – продукт неповного згорання органічних речовин. Є пломенева, лампова, газова. Пломенева сажа – продукт згорання твердих органічних речовин (антрацен, дерево, нафталін тощо). Лампова – продукт згорання рідини – нафтових масел, кам'яновугільних масел. Газова сажа утворюється від спалювання газів (ацетилену). Сажа дуже стійка, використовується в олійних, лакових, клеєвих, вапняних фарбах. Для кращої змочуваності водою перед використанням сажу змочують спиртом. Недолік – стимулює розвиток корозії чорних металів.

**Графіт** – природний пігмент чорного кольору з сірим відтінком, жирним блиском. Вміст вуглецю не менше 92%. Пігмент стійкий до дії високих температур, кислот, має високу покривну здатність. Застосовують в олійних фарбах.

**Перекис марганцю** – отримують з природної марганцевої руди. Використовують для малярних робіт у клеєвих, малярних фарбах, олійних фарбах для фарбування чавунних огорож. Не викликає корозії металу.

### **Зв'язуючі речовини**

Зв'язуючі речовини необхідні для скріплення частинок пігменту і наповнювача між собою і поверхнею, яка зафарбовується. Вони поділяються на **олійні** (оліфи, олійні лаки), **клейові** (водні розчини різних клеїв), **емульсійні** (суміш олії, води, емульгатора). Крім вказаних зв'язуючих речовин застосовуються ще **полімерні** зв'язуючі у полімерних фарбах, лаках, емалях,

**каучуки** у каучукових фарбах, **похідні целюлози** у нітролаках, **неорганічні зв'язуючі** речовини у цементних, вапняних, силікатних фарбах.

Полімери (полівінілацетат, поліакрил, стиролбутадіон, гліфталеві полімери) застосовуються у фарбах і лаках разом з розчинником, з додаванням оліфи або цементу. Це суттєво скорочує використання рослинних олій, збільшує асортимент фарб, причому, стійкіших, довговічніших.

Оліфи поділяються на:

**натуральні** – продукти нагрівання і варіння рослинних висихаючих олій (ляна, конопляна, тунгова) і продування крізь них повітря. Плівка, що утворюється після висихання оліфи, на 100% складається з олії, вона водостійка, еластична, атмосферостійка;

**напівнатуральні** (ущільнені) оліфи – в'язкі продукти варіння (при 300<sup>0</sup>С) напіввисихаючих і невисихаючих рослинних олій – соняшникової, соєвої, бавовняної. Види: оліфа оксоль, оксоль полімеризована, оксоль-суміш. У них до 45% органічних розчинників, є можливість економити олію. Марки оксоль-оліфи: В – з ляної, конопляної олії, застосовують для зовнішніх та внутрішніх робіт; ПВ – з соняшникової олії для внутрішніх малярних робіт. Плівки з цих оліф в порівнянні з натуральними мають нижчу довговічність, меншу еластичність, швидше старіють. Напівнатуральні оліфи не застосовують для приготування густотертих фарб, бо розчинник швидко випаровується і фарба стає непридатною;

**комбіновані оліфи** – К2, К3, К4, К5. Застосовують для розведення густотертих фарб для внутрішнього і зовнішнього покриття дерев'яних, металевих, оштукатурених поверхонь;

**штучні** (синтетичні) оліфи не містять рослинних олій. Вони є таких видів:

- алкідна (гліфталева) - складається з гліфталевого полімеру, уайт-спіриту, 35% солей. Не використовують для свіжої штукатурки, бетону, у вологих приміщеннях;
- синтолова – розчин продуктів окислення гасу в бензолі. Має різкий запах. Використовується для невідповідальних внутрішніх фарбувань по дереву, металу, штукатурці. Невологостійка. Не придатна для зовнішніх робіт;
- сланцева - розчин сланцевого, генераторного, дизельного масла, сланцевого бензину, ксилолу. Має неприємний різкий запах, тому не використовується для фарбування підлог, предметів побуту. Застосовують для приготування фарб для зовнішнього і внутрішнього фарбування по металу, штукатурці;
- інден-кумаронова оліфа – розчин інден-кумаронової смоли в органічних розчинниках, застосовують для шпаклювання та ґрунтування при внутрішніх роботах. (Для зовнішніх робіт не використовують);
- солеві оліфи, карбоноль, нафтеноль, оксикарбонова оліфа – розчин солей алюмінію, кальцію, органічних кислот в уайт-спіриті. Використовують

для виготовлення олійних, алкідних фарбуючих речовин і розбавлення густо тертих фарб, для внутрішніх робіт по дереву, штукатурці, металу.

### **Фарбові суміші**

**Олійні фарби** отримують ретельним розтиранням у фарботертушках пігментів з оліфою. Поділяються на

- густо терті фарби, що містять лише 15 – 25% оліфи, перед застосуванням треба розводити оліфою;
- готові до використання фарби (30 – 50% оліфи). Використовують для зовнішнього і внутрішнього фарбування по дереву, металу, штукатурці. Не можна наносити на вологу поверхню.

#### **На основі полімерів:**

- водоемульсійні – пігментовані емульсії полімерів у воді. Є такі види: полівінілацетатні, стиролбутадієнові, акрилатні, глифталеві. До їх складу входить пігмент, емульгатор, стабілізатор. Твердіння відбувається внаслідок розпаду емульсії через 1 – 2 години. Утворюється міцне, світло-, водостійке, газопроникне покриття. Наносять на суху поверхню штукатурки, бетону. Використовують для зовнішнього і внутрішнього фарбування цегляних, кам'яних, бетонних, оштукатурених чи дерев'яних поверхонь;
- акрилові фарби – суспензія пігменту, наповнювача у акриловому латексі. Основний пігмент –  $TiO_2$ . Ці фарби нетоксичні, пожежо-вибухобезпечні, світло-атмосферостійкі. Використовують для внутрішніх і зовнішніх робіт по штукатурці, бетону, дереву та інших пористих матеріалах;
- полівінілацетатні складаються з водної емульсії ПВА, пігменту, пластифікатора (дибутилфталат). Виготовляють у пастоподібному стані, а перед використанням розводять водою. Використовують для зовнішніх, внутрішніх робіт по штукатурці, бетону, дереву, цеглі, картоні, лінкрусту;
- стиролбутадієнові фарби у вигляді паст, які розводять водою. Використовують аналогічно, крім того можливо і по старій олійній фарбі.

#### **На основі мінеральних в'язучих:**

- цементні фарби виготовляють на білому цементі (75%) з додаванням 6% лугостійкого пігменту, до 15% гашеного вапна, 3%  $CaCl_2$ , 1% милонафту (гідрофобізатор). Використовують для внутрішніх і зовнішніх робіт по бетону, штукатурці, у вологих приміщеннях;
- вапняні фарби виготовляють на основі гашеного вапна з додаванням кухонної солі, хлористого кальцію, алюмінієвих квасців. Фарбують фасади. Вони дешеві, доступні, проте мають невисоку атмосферостійкість;
- силікатні фарби виготовляють на основі в'язучої речовини – рідкого скла – силікату калію, з додаванням лугостійкого пігменту (охра, залізний сурик) та наповнювача (кварцовий пісок, трепел, діатоміт). Застосовують для фарбування дерев'яних конструкцій, в т.ч. для захисту від займання; для фарбування фасадів і внутрішніх приміщень. Ці фарби стійкі до

атмосферних впливів, можна використовувати по вологій штукатурці, свіжому бетону;

- клейові фарби містять клеї рослинні, тваринні, полімерні. Клеї бувають різні: *мездровий* клей варять а потім сушать з шкіряних покривів тварин; *кістковий* клей виготовляють із знежирених кісток; *декстрин* отримується при обробці кислотою крохмалю; *казеїн* кислотний утворюється при дії кислот на знежирене молоко; *метилцелюлоза* має високу хімічну стійкість; *ПВА* спиртовий розчин низькомолекулярного полівінілацетату і води з утворенням емульсії.

### Емалі

Емалі це композиції, що складаються з лаку і пігменту. Плівкоутворювачами є полімери такі як

- гліфталевий – емалі застосовують для внутрішніх робіт по штукатурці, дереву, для обробки поверхонь азбоцементних листів у заводських умовах, ДВП;
- перхлорвініл у складі емалей і лаків дає хороше захисне покриття;
- алкідні емалі з додаванням розчинника, сикативу мають високу хімічну стійкість, водостійкість, блиск, поверхневу твердість;
- епоксидні полімери з толуолом створюють антикорозійні покриття по металу;
- бакелітовий лак – хороший засіб від корозії промислової апаратури, приладів, споруд.

Розчинниками для емалей є бензин, сольвент, скипидар, ксилол, толуол.

### Лаки

Лаки – розчини масел, природних чи синтетичних полімерів, бітумів в органічних розчинниках. Після висихання утворюється міцна прозора плівка. Лаки є світлі (масляні, масляно-смоляні), чорні (бітумні, пекові).

- Алкідні лаки – жирні (понад 60% масел) для зовнішніх робіт, середні – 40 – 45% масел; знежирені, надзнежирені до 35% для внутрішніх робіт по дереву, для виготовлення емалей.
- Нітро-, етилцелюлозні лаки жовтого і коричневого кольору для лакування виробів з дерева.
- Пентафталеві – для зовнішніх та внутрішніх робіт по дереву, металу.
- Синтетичні, безмасляні лаки складаються з синтетичного полімеру (полівінілацетатні, акрилатні, стиролбутадієнові, гліфталеві) і органічного розчинника, застосовують для покриття паркетних підлог чи підлог з дощок.
- Бітумні, асфальтові лаки – чорні, хімічно стійкі, атмосферостійкі. Застосовують для захисту металевих конструкцій від корозії.
- Спиртові лаки, палітури – для покриття дерев'яних поверхонь і надання рівного блиску.

- Силіконові, кремнійорганічні лаки мають високу температуростійкість. Застосовують для фарбування димових труб, печей, інших споруд.

### Допоміжні матеріали

**Наповнювачі** – нерозчинні мінеральні речовини, як правило білого кольору, додають у лакофарбові суміші з метою економії пігменту і надання певних властивостей, наприклад підвищеної міцності, кислотостійкості, вогнестійкості. Для водних фарбових сумішей наповнювачами і пігментами є крейда чи вапно. Крім того застосовують ще такі наповнювачі:

- барит – для економії білил в олійних фарбах;
- каолін – для надання жирності клейовим фарбам;
- тальк, мелені слюди, діабаз, андезит, вапняковий шпат – для збільшення міцності в олійні та силікатні фарби;
- кварцовий пісок, андезит – для підвищення кислотостійкості;
- азбестовий пил і азбестове волокно – для підвищення вогнестійкості;
- діатоміт – для підвищення лугостійкості вапняних фарбових розчинів.

**Розчинники** – рідини, які використовуються для надання фарбам робочої консистенції. Вони не вступають в реакцію з речовиною, яку розчиняють, леткі, швидко випаровуються при висиханні.

- Скипидар – продукт перегонки смолистої речовини сосни. Нетоксичний, використовується для внутрішніх робіт. Відносно дорогий.
- Уайт-спірит – продукт перегонки нафти. Дешевий, нетоксичний. Використовується для розчинення олійних лаків, фарб, змивання раніше нанесених і затверділих плівок лаків і фарб.
- Ацетон – продукт сухої перегонки деревини чи отриманий методом синтезу. Матеріал токсичний, вогнестійкий. Використання обмежене, виробництво припиняється.
- Сольвент кам'яновугільний застосовується у суміші з уайт-спіритом для розведення перхлорвінілових, гліфталевих, бітумних лаків і фарб.

**Розбавлювачі** (емульсії, оліфи) застосовують для розбавлення густо тертих фарб чи розведення сухих мінеральних фарб. На відміну від розчинників розбавлювачі містять плівкоутворювач у кількості 22 – 40% до маси фарби.

**Грунтовки** застосовують для підготовки поверхні для нанесення лакофарбових покриттів. Вони повністю повинні відповідати виду фарбової суміші.

- Полівінілацетатна – ПВА - 25, вода – 100.
- Миловар – вода – 100, СаО – 20, мило – 2, оліфа – 0,25.
- Силікатна – рідке скло – 100, крейда – 20.
- Емульсійна – клей – 10, луг – 1,5 – 2, оліфа – 8,5, вода – 100.
- Прооліфлювання – оліфа оксоль – 10, пігмент 0,5 – 1, розчинник – 1.

**Шпаклівки** – суміші для зарівнювання поверхонь перед зафарбовуванням. Різні за складом в залежності від використовуваної фарби.

- Олійно-клейові – клей – 1,25, оліфа оксоль – 0,6, мило – 0,6, крейда – 70, вода – 30.
- ОКС – крейда мелена – 100, клей – 4, мило – 1, вода, бензол – 3.
- БНШ – крейда – 100, латекс – 7, клей КМЦ – 2, мило – 0,4, вода – 20.
- Силікатна – цемент – 100, ПВА – 100, вода.
- Емульсійна – емульсійна фарба – 100, клей – 15, крейда або гіпс.

**Замазки** – пастоподібні суміші для промазування віконних хрестовин при склінні, вальцових з'єднань та гребенів покрівлі з листової сталі. Всі замазки повинні мати високу пластичність, водостійкість. Виготовляють крейдяні, білильні, нафтові замазки (оліфа + крейда + сурик). Спеціальні замазки “Арзамит універсальний” – теплопровідна, кислото-, лугостійка, хімічно стійка, антикорозійна, застосовують для футерування. “Фаїзол” – замазка стійка щодо дії лугів, кислот, органічних розчинників, токсична.

## Тема 18. КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

1. Азбестоцемент, сировина, виготовлення, властивості, використання у будівництві.
2. Види азбестоцементних виробів.
3. Інші види композитів: фібробетон, бетонополімери, фіброліт, короліт, арболіт, залізобетон, металокераміка, металопластик тощо.

До цементних композиційних матеріалів належить азбестоцемент. Це матеріал, утворений внаслідок твердіння раціонально підібраної суміші цементу, азбесту, води. Цемент краще працює на стиск, ніж на розтяг, тому вводять тонковолокнистий азбест в кількості 10 – 25% для покращення фізико-механічних властивостей цементного каменю.

Азбестоцемент має такі властивості:

- висока міцність при розтягу;
- вогнестійкість,
- водонепроникність,
- морозостійкість,
- мала теплопровідність,
- мала електропровідність,
- крихкість,
- короблення при зміні вологості.

Номенклатура виробів налічує понад 40 назв:

- профільовані листи для покрівель, стін;
- плоскі плити для стін;
- панелі покрівельні і стінові з теплоізоляційним шаром;

- труби напірні і безнапірні;
- архітектурно-будівельні вироби;
- сантехнічні вироби;
- електроізоляційні вироби.

### Сировина

Сировиною для виготовлення азбестоцементних виробів є азбест, цемент, вода, спеціальні добавки.

**Азбест** – група тонковолокнистих мінералів, які складаються з водних та безводних силікатів магнію, кальцію, натрію, які внаслідок механічної дії розпадаються на найтонші волокна. Найчастіше це мінерал групи серпентину – хризотил-азбест  $[Mg_6(Si_4O_{10})(OH)_8]3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ . Діаметр волокна азбесту 30 – 40 мкм, границя міцності при розтягу 3000 – 5400 МПа, модуль пружності 158 – 210 ГПа, відносне видовження 2,5%. Після механічної обробки границя міцності і модуль пружності різко знижуються.  $R_{розт.} = 700 - 750$  МПа,  $E = 80 - 70$  ГПа. Під час механічної обробки азбест розпушується на волокна діаметром  $10^{-5}$ мм. Залежно від довжини буває восьми сортів від 0 до 7. Для азбестоцементних виробів використовують азбест 3 – 6 сортів з довжиною волокон 0,3 – 10 мм. Хризотил-азбест лугостійкий, але не кислотостійкий. Має велику питому поверхню, тому значна адсорбція. Методом синтезу виготовляють штучний хризотил-азбест з природних магнезійно-силікатних порід та їх відходів. Можна замінити частину хризотил-азбесту (5 – 30%) іншими органічними волокнистими матеріалами полімери – поліпропілен, поліакрилонітрил, нейлон).

**В'язуча речовина** (целюлоза, крафт-папір, паперова макулатура, деревина, – портландцемент марок М300, М400, М500. Цементний клінкер повинен бути такого складу: 52%  $3Ca \cdot SiO_2$ ; 3 – 8%  $3CaO \cdot Al_2O_3$ ; 1%  $CaO$ ; 5%  $MgO$ . Тонкість помелу повинна бути 220 – 320  $m^2/kg$ . Тужавіння починається через 1,5 годин, а закінчується через 10 годин.

При автоклавній обробці використовують піскуватий портландцемент з додаванням 38 – 45% меленого кварцового піску. Мінералогічний склад – пісок повинен містити не менше 87%  $SiO_2$ , 3%  $K_2O + Na_2O$ ; до 10% глин. У цементному клінкері понад 50%  $3Ca \cdot SiO_2$ ; до 8%  $3CaO \cdot Al_2O_3$ . Питома поверхня 320 – 360  $m^2/kg$ .

**Вода** використовується підігріта до 30 – 40°C очищена (оборотна). При замішуванні азбесту з цементом і водою утворюється однорідна маса, в якій кожне волокно оточене цементним тістом. Азбест адсорбує  $Ca(OH)_2$  і інші продукти гідратації, зменшує концентрацію їх у розчині, тому цементний камінь міцно зв'язує волокна азбесту. Воду використовують підігріту, щоб знизити в'язкість і прискорити формування, а оборотну – щоб знизити тепловтрати, покращити охорону навколишнього середовища.

### Спеціальні добавки

Високомолекулярні полімери – поліакриламід – для покращення реологічних властивостей азбестоцементної суспензії; прискорення процесу фільтрації і осадження твердої фази; підвищення фізико-механічних властивостей свіжих виробів.

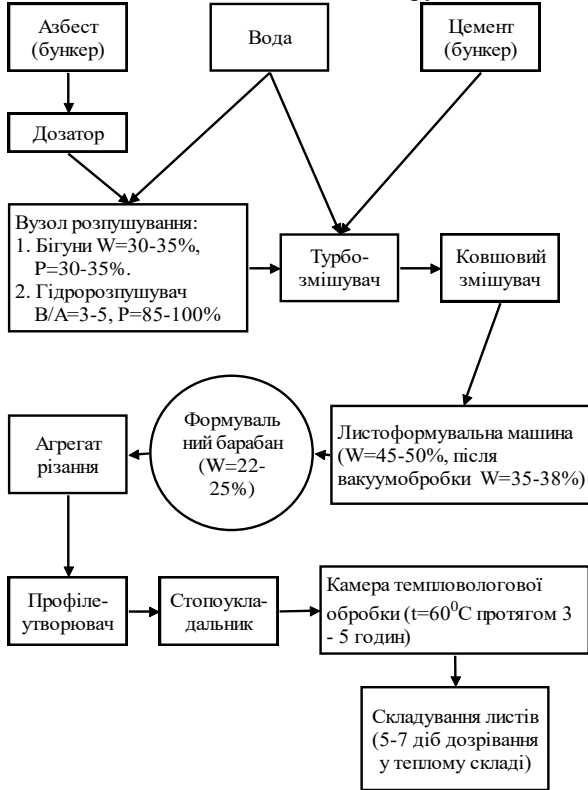
- Пластифікатори (ЛСТ) – для підвищення пластичності свіжо сформованих листів під час їх профілювання.
- Гідромодифікатори (метилоксипропилцелюлоза, поліоксиетилен, карбоксилітцелюлоза) застосовують для методу екструзії. Добавки пластифікують азбоцементну масу, попереджають водовідділення при ущільненні в екструдері формівної маси.
- Гідрофобізуючі речовини (кремнійорганічні рідини) для зниження водопоглинання готових азбоцементних листів.
- Барвники, кольорові цементи (графіт, перекис марганцю, оксид хрому, сажа, редоксайд, сурик залізний, ультрамарин) – атмосферостійкі, світлостійкі пігменти з високою барвною здатністю, стійкі щодо продуктів гідратації. Застосовують при виготовленні опоряджувальних і декоративних виробів.
- Покриття емалями, лаками (гліфталеві, нітроцелюлозні, перхлорвінілові, кремнійорганічні, хлоркаучукові) для покращення водонепроникності виробів.

### Технологія виготовлення

Способи формування: **мокрый** (суміш містить до 20% твердих сухих компонентів), **напівсухий** (суміш концентрована – 50 – 60% сухих компонентів), **сухий** – суміш сухих компонентів, зволоження лише перед остаточним формуванням. Найчастіше застосовують мокрий, найрідше – сухий.

Мокрий спосіб виготовлення азбестоцементних хвилястих листів

## Виготовлення азбестоцементних труб аналогічне, лише замість



формульованого барабану використовують знімні качалки. Далі твердіння труб (до 26 годин) відбувається у пароповітряному середовищі на роликівих конвеєрах. Труби обертаються навколо своєї осі для збереження циліндричної форми. Остаточне твердіння відбувається в басейні з водою при температурі 20<sup>0</sup>С протягом 3 – 8 діб, в теплих складах при температурі понад 15<sup>0</sup>С, при вологості 70-80%.

**Напівсухий спосіб.** Концентрована маса з вологістю 30-35%. Ущільнення відбувається на пресах. Вироби отримують підвищеної щільності і міцності.

**Сухий спосіб.** Розпушення азбесту і перемішування з піскуватим портландцементом відбувається у сухому стані з наступним зволоженням до вологості 12 – 16% і ущільненням. Твердіння таких виробів відбувається в автоклаві.

### Властивості азбестоцементу

Структура – мікродисперсне армування цементного каменю волокнами азбесту; анізотропність (завдяки різній орієнтації волокон азбесту); значна пористість.

Фізико-механічні властивості залежать від активності цементу, вмісту азбесту і його якості, кількісного співвідношення цементу і азбесту, ступеня ущільнення маси, умов і тривалості твердіння. Середня густина азбестоцементу – 1500 – 2200 кг/м<sup>3</sup>, водопоглинання 15 – 28%, морозостійкість F25 – F100, пористість П=25 – 45%, уперек шарів  $R_{\text{стиску}} = 10 – 25$  МПа, вздовж шарів  $R_{\text{стиску}} = 30 – 40$  МПа;  $R_{\text{вигину}} = 15 – 42$  МПа,  $R_{\text{розтягу}} = 10 – 25$  МПа. Теплостійкість 500<sup>0</sup>С. Коефіцієнт теплопровідності 0,35Вт/мК. Матеріал майже водонепроникний. Недолік – має малу ударну в'язкість.

### **Основні види виробів із азбестоцементу**

З азбестоцементу виготовляють хвилясті і плоскі листи, труби, вентиляційні коробки, порожнисті панелі, електроізоляційні дошки, вироби спеціального призначення (листи для огороження градирень, деталі для склепіння метрополітенів, фасонні покрівельні деталі).

- Хвилясті листи (90% всіх азбестоцементних листових виробів, 40% покрівельних виробів). Розміри 680x1200 мм. В залежності від профілю є 3 групи: низького (до 30 мм), середнього (30 - 40 м), високого (понад 43 мм).
- Великорозмірні листи хвилясті, довжина до 9м, так звані “листки-конструкції”. Їх часом армують сталеву арматурою.
- Азбестоцементні плоскі листи і плити. Листи – пресовані (П), непресовані (НП). Їх довжина 200 – 3000 мм, ширина 800 – 1500 мм, товщина 4 – 12 мм. Панелі збірні, уніфіковані, утеплені, стінові, завдовжки 6 м, ширина 3,3 м, товщина 140 – 170 мм.
- Труби для напірних і безнапірних трубопроводів, меліорації, димових, вентканалів, сміттепроводів, телефонізації. Діаметр труб 100 – 400 мм. Довжина 4 і 3 м.
- Короби для вентиляції і кондиціонування повітря завдовжки 3,1 м, товщина стінки 10 мм, розміри поперечного перерізу 150x150 – 300x300 мм.

Крім вказаних композиційних матеріалів із азбестоцементу існує ще дуже багато інших композитів, про які вже говорилося в попередніх розділах. Це залізобетон, полімербетони, матеріали, виготовлені з відходів деревини на полімерних чи мінеральних в'язучих (ДВП, ДСП, ЦСП, тиробетон, короліт, ксилоліт, арболіт, фіброліт), металокераміка, металополімери тощо.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Архітектурне матеріалознавство: підручник. Дворкін Л.Й. – Рівне., 2022. – 560 с.
2. Матеріалознавство для архітекторів та дизайнерів. Навчальний посібник Пушкарьова К.К., Кочевих М.О. – Ліра К, 2022.- 424 с.,
3. Архітектурне матеріалознавство: метод. вказівки до практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Архітектура та містобудування» галузь знань 19 Архітектура та будівництво спец. 191 Архітектура та містобудування денної та заоч. форм навч./ уклад. І.В. Задорожнікова. – Луцьк : ЛНТУ, 2024. – 52 с.
4. Будівельні розчини. Навчальний посібник. Дворкін Л.Й. – Київ.: Каравела, 2021. – 222 с.
5. Архітектурне матеріалознавство: метод. вказівки до самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Архітектура та містобудування» галузь знань 19 Архітектура та будівництво спец. 191 Архітектура та містобудування денної та заоч. форм навч. / уклад. І.В. Задорожнікова. – Луцьк : Луцький НТУ, 2025. – 28 с.
6. ДСТУ Б В.2.7-82:2010 Будівельні матеріали. В'язучі гіпсові. Технічні умови
7. ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Цементи загальнобудівельного призначення
8. ДСТУ Б EN 196-7:2010 Методи випробування цементу. Частина 7. Методи відбору та підготовки проб цементу (EN 196-7:2007, IDT)
9. ДСТУ Б В.2.7-74-98. Крупні заповнювачі природні, з відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Класифікація
10. ДСТУ Б В.2.7-29-96 Будівельні матеріали. Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація
11. ДСТУ Б В.2.7-61:2008 (EN 771-1:2003, NEQ). Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові та лицьові. Технічні умови
12. Будівельне матеріалознавство: електронний посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм навчання / уклад. І.В. Задорожнікова., О.А. Ужегова, О.С. Чапук – Луцьк: Луцький НТУ, 2023

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
Тема 1. Основні властивості матеріалів.....	4
Тема 2. Природні кам'яні матеріали.....	14
Тема 3. Будівельна кераміка.....	18
Тема 4. Скло, ситали, вироби з кам'яного литва.....	23
Тема 5. Неорганічні в'язучі речовини.....	28
Тема 6. Бетони.....	45
Тема 7. Технологія бетону.....	62
Тема 8. Залізобетонні вироби.....	66
Тема 9. Будівельні розчини.....	77
Тема 10. Силікатні вироби автоклавного твердіння.....	81
Тема 11. Матеріали та вироби з деревини.....	84
Тема 12. Органічні в'язучі речовини та матеріали з них.....	95
Тема 13. Металеві матеріали та вироби.....	100
Тема 14. Полімерні матеріали та вироби.....	104
Тема 15. Теплоізоляційні матеріали та вироби.....	117
Тема 16. Акустичні матеріали.....	124
Тема 17. Лакофарбові матеріали.....	127
Тема 18. Композиційні матеріали.....	136
Література .....	141

Б 90 **Архітектурне матеріалознавство** [Текст] : конспект лекцій для здобувачів першого(бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Архітектура та містобудування» галузі знань 6 Інженерія, виробництво та будівництво спеціальності G17 Архітектура та містобудування денної форми навчання /, І.В. Задорожнікова, О.А. Ужегова,– Луцьк: ЛНТУ, 2025.  
– 144 с

Комп'ютерний набір: І. ЗАДОРЖНІКОВА

Редактор: О. УЖЕГОВА

Підп. до друку «\_\_»\_\_\_\_\_ 2025 р. Формат 60x84/16. Папір офс.  
Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 9,5.  
Тираж прим.

Луцький національний технічний університет  
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75