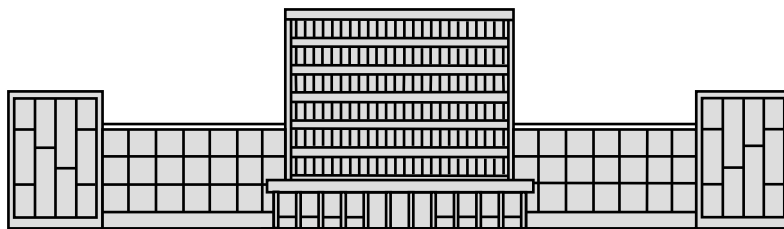


Міністерство освіти і науки України

Київський національний університет будівництва і архітектури

Кафедра технології будівельних конструкцій та виробів



## Конспект лекцій

з освітньої компоненти

### "ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА СТІНОВИХ ТА ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ"



Київ - КНУБА - 2023

Відповідальний за випуск В. І. Гоц, д-р техн. наук, професор

*Затверджено на засіданні кафедри технології будівельних конструкцій і виробів, протокол № 11 від 9 лютого 2023 року.*

**Гелевера О.Г.**

T7 Основи виробництва стінових та оздоблювальних матеріалів : конспект лекцій / уклад.: Гелевера О.Г. – Київ: КНУБА, 2023. – 224 с.

У конспекті висвітлені теоретичні основи, загальні принципи і особливості виробництва стінових, оздоблювальних, тепло- і гідроізоляційних матеріалів, які застосовуються в будівництві. Приділено значну увагу сучасним індустріальним методам проведення оздоблювальних робіт з використанням спеціалізованих систем, спрямованих на енергозбереження та створення комфортних умов у будівлях. Наведені приклади таких систем та показана ефективність їх роботи.

Конспект призначений для студентів вищих навчальних закладів спеціальності "Будівництво та цивільна інженерія" освітньо-професійної програми "Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів" першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Конспект створений на основі підручника "Основи виробництва стінових та оздоблювальних матеріалів", 3-є видання / Рунова Р.Ф., Гоц В.І., Гелевера О.Г. та ін./ – Київ: Основа, 2017. – 528 с.

© КНУБА, 2023

## ЗМІСТ

<b>1. ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ВИРОБНИЦТВА СТІНОВИХ ТА ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ</b>	5
1.1. Аналіз функцій стінової конструкції	5
1.2. Принципи вибору і використання сировини при виготовленні стінових та оздоблювальних матеріалів	11
1.3. Принципи створення технологічних рішень у виробництві стінових та оздоблювальних матеріалів	12
<b>2. ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА КОНСТРУКЦІЙНИХ СТІНОВИХ МАТЕРІАЛІВ І ВИРОБІВ</b>	13
2.1. Загальні відомості про керамічні вироби. Основи виробництва керамічної цегли і каменів	13
2.2. Клінкерна цегла	23
2.3. Силікатні цегла і камені	25
2.4. Вироби з бетонів на легких заповнювачах	30
2.5. Бетони на легких заповнювачах рослинного походження	33
2.6. Вироби з ніздрюватих бетонів	37
2.6.1. Класифікація	38
2.6.2. Основні властивості	40
2.6.3. Фізико-хімічні основи технології	43
2.6.4. Технологія виробництва	47
<b>3. СУЧАСНІ БУДІВЕЛЬНІ СИСТЕМИ</b>	59
3.1. Віконно-дверні системи	59
3.2. Гіпсокартонні системи	64
3.3. Підвісні стелі	72
3.4. Фасадні системи	74
3.5. Зимові сади	77
3.6. Зенітні ліхтарі	77
3.7. Світлопрозорі перегородки	79
3.8. Системи утеплення	81
<b>4. ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА МАТЕРІАЛІВ І ВИРОБІВ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ СТІН</b>	98
4.1. Оптимізація пористої структури	98
4.2. Оптимізація волокнистої структури	99
4.3. Оптимізація зернистої структури	99
4.4. Способи отримання пористої структури	100
4.5. Мінеральна вата і вироби з неї	105
4.5.1. Сировинні матеріали	107
4.5.2. Основне обладнання	108
4.5.3. Переробка розплаву у волокно	109
4.5.4. Види виробів з мінеральної вати	114
4.5.5. Зв'язуючі речовини	115
4.5.6. Формування виробів	118
4.5.7. Виробництво декоративно-акустичних плит "Акмігран"	120
4.6. Ніздрювате скло	123
4.6.1. Фізико-хімічні основи виробництва піноскла порошковим методом	126
4.6.2. Сировинні матеріали	126
4.6.3. Технологія	127
4.6.4. Поризовані вироби на основі рідкого скла	128
4.7. Вироби з гірських порід, що спучуються	129
4.7.1. Фізико-хімічні основи спучення перліту	129

4.7.2. Процес спучення вермикуліту	132
4.8. Фіброліт	134
4.9. Полімерні теплоізоляційні матеріали	141
4.9.1. Основні властивості	142
4.9.2. Технологія отримання та сировина	144
<b>5. ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦІЇ СТІН</b>	150
5.1. Вимоги, класифікація	150
5.2. Основні схеми виробництва, види продукції	153
5.3. Герметики – види , властивості, сфери використання	160
5.4. Інші методи герметизації та гідроізоляції	168
<b>6. КЕРАМІЧНІ ПЛИТКИ</b>	174
6.1. Історична довідка	174
6.2. Класифікація, розміри, позначення і технічні характеристики	175
6.3. Сировина	177
6.4. Виготовлення фасадної плитки	178
6.5. Виготовлення фаянсової плитки для внутрішнього оздоблення	179
6.6. Виготовлення плитки для підлог	181
<b>7. СУХІ БУДІВЕЛЬНІ СУМІШІ</b>	185
7.1. Сировина	185
7.2. Технологія виробництва	188
<b>8. СКЛЮ</b>	190
8.1. Номенклатура	190
8.2. Сировина	191
8.3. Технологія виробництва	192
<b>9. СИТАЛИ І ШЛАКОСИТАЛИ</b>	194
<b>10. КАМ'ЯНЕ ЛИТВО</b>	195
<b>11. ДЕРЕВОВОЛОКНИСТІ ПЛИТИ (ДВП)</b>	198
<b>12. ДЕРЕВОСТРУЖЕЧНІ ПЛИТИ (ДСП)</b>	202
<b>13. ПОЛІМЕРНІ ОЗДОБЛЮВАЛЬНІ ВИРОБИ</b>	206

## ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ВИРОБНИЦТВА СТІНОВИХ ТА ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

### 1.1. Аналіз функцій стінової конструкції

**Стінова конструкція** – це вертикальна огорожа, яка відокремлює приміщення від зовнішнього середовища і одне від одного. Залежності від ступеня сприймання навантаження стіни можуть бути:

- *несучими;*
- *самонесучими;*
- *не несучими;*
- *а також – зовнішніми і внутрішніми*

**Несучі** стіни сприймають навантаження від інших частин будівлі (перекрыття, даха) і разом з власною вагою передають їх фундаменту.

**Самонесучі** стіни спираються на каркас або фундамент, але несуть навантаження тільки від власної ваги.

**Не несучі** (навісні) стіни є огорожами, що спираються на кожному поверсі на елементи каркасу будівлі і сприймають власну вагу в межах одного поверху.

---

**Функціями стінових конструкцій** незалежно від її виду є:

- забезпечення потрібної міцності, жорсткості, довговічності споруд;
- створення комфортних умов існування людини в приміщеннях.

**Комфорті умови включають до себе:**

- *простір*, який потрібен для зручного відпочинку або діяльності людини, розміщення обладнання;

- *стан повітряного середовища*, яке характеризується запасом чистого повітря для дихання з оптимальними параметрами температури, вологості і швидкості його руху;
- *звуковий режим*, який відповідає функціональному призначенню приміщенню;
- *світловий режим*, який забезпечує необхідні умови роботи органів зору;

Все це є причиною тому, що конструкція стіни має:

- теплоізоляційні матеріали;
- гідроізоляційні;
- акустичні;
- оздоблювальні елементи;
- а також матеріали, які надають стіні потрібну несучу здатність (міцність, жорсткість та інші фізико-механічні властивості).

---

**Функція несучого (конструкційного) елементу стіни** – це забезпечення потрібних геометричних розмірів всієї споруди, її стійкість і довговічність.

---

**Функція теплоізоляційного елементу стіни** – забезпечення створення оптимальних параметрів температури, вологості та швидкості руху повітря за рахунок управління тепловим балансом в приміщенні а також повітре-, паропроникністю стінових конструкцій.

Найважливішою теплофізичною характеристикою матеріалів є *коефіцієнт теплопровідності* –  $\lambda$ .

Коефіцієнт теплопровідності теплоізолюючих матеріалів змінюється в широких межах: від 0,02 Вт/(м·°С) для повітря до 0,175 Вт/(м·°С) для композиційних матеріалів.

Крім коефіцієнту теплопровідності  $\lambda$ , для оцінки теплофізичних характеристик огорожувальних конструкцій часто використовується коефіцієнт опору теплопередачі ( $R$ ) стінової конструкції, який, відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2006 “Конструкції будівель та споруд. Теплова ізоляція будівель”, не може бути нижче значень, вказаних в таблиці

Таблиця

Нормовані національні показники термоопору огорожувальних конструкцій

Тип огорожувальних конструкцій	$\check{e}R$ (м <sup>2</sup> ·С/Вт) залежно від кліматичної зони	
	I	II
Кількість градусо-днів за опалювальний сезон	≥ 3501	3001-3500
Зовнішні стіни	3,3	2,8
Покриття та перекриття неопалювальних горищ	4,95	4,5

Визначається коефіцієнт теплового опору за формулою

$$R = \frac{d}{\lambda}, \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)} \quad (2.1)$$

де  $d$  – товщина матеріалу, м;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт/(м·°С).

Якщо стіна складається з декількох шарів різних матеріалів, то повний термоопір визначається, як сума коефіцієнтів термоопору кожного шару стіни.

Сучасні вітчизняні нормативні вимоги по опору теплопередачі вертикальних огорожуючих конструкцій – 3,3 м<sup>2</sup>К/Вт. Причому для покриттів та неопалювальних горищ ця величина складає 4,95 м<sup>2</sup>К/Вт.

Сучасні європейські нормативні вимоги по опору теплопередачі стін – 5,0 м<sup>2</sup>К/Вт, а в недалекому майбутньому – до 7 м<sup>2</sup>К/Вт, особливо з все більшим дефіцитом енергетичних ресурсів та взаємною залежністю країн.

Тобто, наприклад, щоб забезпечити сучасні вимоги по тепловому опору при використанні скловатних або пінополістирольних плит з потрібна товщина цих плит складе:

	Режим експлуатації	
	Режим А (сухий матеріал), $\lambda = 0,04 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$	Режим Б (з звичайною експлуатаційною вологістю 7...8%), $\lambda = 0,05 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$
при $R = 3,3 \text{ м}^2\text{К/Вт}$	13,2 см	16,5 см
при $R = 5,0 \text{ м}^2\text{К/Вт}$	20,0 см	25,0 см
при $R = 7,0 \text{ м}^2\text{К/Вт}$	28,0 см	35,0 см

Враховуючи загальну залежність теплопровідності від середньої густини матеріалу, коефіцієнт теплопровідності орієнтовно можна визначити за емпіричною формулою Б.Н.Некрасова для матеріалів з природною вологістю (біля 7%):

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

де  $\rho_m$  – середня густина матеріалу,  $\text{т/м}^3$  ( $\text{г/см}^3$ ).

### **Функція комфортності. Коефіцієнт комфортності**

*Коефіцієнт комфортності* приміщень є відомим терміном, який відображений в нормативних документах (ДБН ...) і який враховує:

- фільтраційні властивості матеріалу, волого-, водопереносні властивості, вологомісткість;

та

- теплопереносні і теплоємнісні властивості матеріалів для внутрішнього оздоблення приміщень та огорожувальних конструкцій.



В основі оцінки комфортності матеріалів (бетону) покладені такі принципи. Чим більш повільним буде тепловідвід при контакті з матеріалом ( $K_T$ ), чим більш швидким буде відвід вологи у конденсованому стані ( $K_m$ ) і чим більш швидкою буде фільтрація через матеріал парогазової суміші ( $K_p$ ), тим комфортнішою буде атмосфера в приміщенні і більш приємними відчуттями матеріалу при контакті з ним.

Спочатку комфортність ряду зразків матеріалів визначалась чисто суб'єктивно – на дотик руками, по принципу “приємно–неприємно”. Таким чином, можна було визначити діапазон матеріалів, які можна вважати суб'єктивно комфортними.

Але можна ввести інтегральний показник комфортності матеріалу, що корелює із суб'єктивними вимірами комфортності у всьому масиві досліджених у пористих матеріалів – від сосни до монолітного бетону:

$$K = \frac{K_p \cdot K_m}{K_T} = 4 \cdot 10^{-9} \cdot a_m^3 \cdot a_T \cdot C_V \cdot \rho \quad (4.4)$$

Над цим в свій час працювала кафедра фізики нашого університету.

---

**Зволоження матеріалів** – може бути з двох причин:

- утворення точки роси на внутрішній поверхні стіни;
- конденсація вологи всередині огорожувальної конструкції.

У першому випадку, за рахунок охолодження тонкого шару теплого повітря приміщення біля холодної стіни, з якого випадає конденсат.

У другому випадку, за рахунок дифузії водяної пари з приміщення в товщу стіни и випадання конденсату всередині стіни.

Це ми часто можемо спостерігати у побуті, наприклад у ванних кімнатах, коли стіни та шви між плитками покриваються чорною пліснявою.

Запобігання – підвищення *теплоізоляційних* властивостей стіни та *вентиляція*.

Якщо пліснява вже з'явилась, то, в якійсь мірі, з нею можна боротися протиранням та промиванням швів лужним розчином (соди кальцинованої, NaOH та ін. )

---

Акустична функція стіни – створення в приміщенні потрібного звукового режиму.

Досягається за рахунок застосування спеціальних матеріалів, які зветься *акустичними*.

Ці матеріали по принципу своєї дії поділяються на:

- звукопоглинаючі;
- та звукоізоляційні.

Перші поглинають звукові коливання, які розповсюджуються в повітрі, а другі – в матеріалі.

Принцип дії *звукопоглинаючих матеріалів* складається в поглинанні повітряної звукової енергії порами, пустотами, бороздами і іншими порожнинами матеріалу. Звукопоглинання тим краще, чим більше діаметр пор, а пори – сполучені і відкриті, а матеріал – жорсткий.

Принцип дії *звукоізоляційних матеріалів* полягає в порушенні безперервності жорсткої конструкції введенням розривів на шляху розповсюдження звукових коливань. Найбільш радикальним засобом, який може припинити розповсюдження звука, є розімкнення елементів огороження з допомогою пружних матеріалів. В цьому випадку звукова енергія витрачається на пружні деформації прокладок.

Межа допустимого рівня для промислових приміщень встановлена в межах 80...85дБ, а в адміністративних приміщеннях – 13...51дБ.

---

## 1.2. Принципи вибору і використання сировини при виготовленні стінових та оздоблювальних матеріалів

---

*Головними критеріями вибору сировини повинні бути його розповсюдженість та енергетичний стан.*

Тобто, матеріал повинен бути у аморфному або субмікрокристалічному стані і мати деякий надлишок вільної енергії.

Таким чином, можна назвати такі **основні принципи вибору і використання сировини** при виробництві матеріалів, які відносяться до групи стінових, оздоблювальних, тепло- та гідроізоляційних. Це:

- максимальна енергоємність сировинних матеріалів, обумовлена їх нестабільним або метастабільним станом;
- найбільша відповідність виробництву необхідної продукції і прийнятої технології переробки сировини;
- отримання продукту з необхідними показниками якості;
- сприяння максимальному скороченню тривалості виробничого циклу та створення безвідходних технологій, а також розробка енергозберігаючих технологій та збереження екологічної рівноваги.

Це відноситься до таких матеріалів як:

- паливні золи та шлаки, особливо висококальцієві,
  - гранульовані шлаки металургійного виробництва,
  - відходи глиноземного виробництва і т.п.
-

### 1.3. Принципи створення технологічних рішень у виробництві стінових та оздоблювальних матеріалів

---

1. перший принцип – технологія повинна бути спрямованою на досягнення поставлених цілей.
  2. другий принцип: технології повинні мати систему загальних технологічних переділів.
  3. третій принцип: технологія – це сукупність взаємозв’язаних операцій і ресурсів.
  4. четвертий принцип, технологічний процес – це відносно відокремлена частина виробничої системи. Дійсно, технологія виготовлення стінових, оздоблювальних та інших матеріалів є відносно самостійна частина в усьому виробничому процесі.
  5. п’ятий принцип: в функціонуючій технології важливі простота, надійність і зручність реалізації. Ця вимога розкривається як принцип, що направлений на відсікання лишніх операцій в технології, на підвищення економічної ефективності процесу.
-

## Розділ 2. ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА КОНСТРУКЦІЙНИХ СТІНОВИХ МАТЕРІАЛІВ І ВИРОБІВ

### 2.1. Загальні відомості про керамічні вироби. Основи виробництва керамічної цегли і каменів

**Кераміка** – це загальне поняття, яке об'єднує полікристалічні матеріали, що отримуються спіканням природних глин і їх сумішей з мінеральними домішками а також оксидів металів і інших тугоплавких сполук. Значну частку в цих матеріалах становить будівельна кераміка.

**Номенклатура виробів** – це *цегла і керамічні камені*, які залежно від призначення виробляють *рядовими* або *оздоблювальними*.

**Характеристика сировини.** Сировиною для виробництва керамічних виробів є *глини і додаткові матеріали*.

**Глини** – осадкові зв'язні незцементовані породи, які переважно складаються з глинистих мінералів. По фракційному складу це тонкодисперсні порошки.

Головними глинистими мінералами є мінерали групи каолініту.

**Додаткові матеріали** при виробництві кераміки застосовуються для регулювання властивостей як сировинної маси, так і продукції. До них відносяться: *поверхньоактивні речовини і високопластична глина*, які покращують формувальні властивості маси; *золи ТЕС, паливні і металургійні шлаки, вугілля*, які покращують умови випалювання; *шамот, пісок, дегідратована глина, тирса*, які сприяють процесу сушіння; *крім того вугілля, тирса*, які є вигоряючими домішками і зменшують щільність виробу;

бій скла, пірітні огарки, залізна руда, які підвищують міцність і морозостійкість виробів; барвники, рідке скло, поварена сіль, які покращують колір виробу, запобігають висолоутворенню, нейтралізують вапнякові вклучення.

---

### **Основи технології**

Існує декілька способів отримання будівельної кераміки. Основними технологічними переділами є:

- підготовка сировини;
  - формування та сушіння сирцю;
  - випалювання виробів.
- 

### **Спосіб підготовки сировини може бути:**

- пластичним;
  - напівсухим;
  - шлікерним.
- 

***Пластичний спосіб*** найбільш поширений. За його допомогою перероблюються високопластичні, жирні глини.

---

***Напівсухий спосіб*** підготовки сировини застосовується для глини низької пластичності і незначної вологості. Формувальна маса, яка має вологу 8–12%, направляється на пресування, а потім на відпалювання.

Цей спосіб зменшує металоємність в 3 рази, трудоємність – на 25...30%, заощаджує енергію та час.

---

***Шлікерний спосіб*** підготовки сировинних мас найбільш доцільно використовувати для глин, які характеризуються підвищеною вологістю або

добре розмокають у воді і вміщують кам'янисті включення, які треба вивести.

Крім того, піддавши шлікер атомізації (зневодненню в розпилювальних сушарках) ми отримуємо чудовий напівфабрикат з вологістю 6...8%, який може надалі використовуватися як для напівсухого пресування виробів, так і для приготування пластичних керамічних мас.

---

**Формування керамічних мас** виконують:

- пластичним методом;
- напівсухим пресуванням;
- або методом лиття.

Пластичне формування мас виконуватися за умови, що когезія глиняної маси більша за її адгезію до поверхні формувального обладнання. Це забезпечується застосуванням високопластичних глин або використанням пластифікуючих домішок.

Для *пластичного формування* використовують **стрічкові преси** – безвакуумні і вакуумні.

Далі сирець **сушиться і випалюється**.

---

Для покращення зовнішнього вигляду оздоблювальної цегли і каменів часто роблять їх **ангобування**.

**Ангоб** – біле або кольорове глиняне покриття на керамічних виробах, яке маскує грубу текстуру кераміки або її колір.

**Ангобувати вироби можна:**

- **пластичним способом**, коли оздоблювальний шар наноситься одночасно з формуванням виробів на стрічкових пресах,
- **пульверизацією**,
- **зануренням**,
- **поливом**

– обмазкою.

У виробництві двохшаровій кераміці оздоблювальний шар наносять пластичним способом.

**Економічна доцільність** виробництва двохшарової кераміки полягає в отриманні високодекоративних виробів, які складаються на **90% з недефіцитної сировини**. Дорога сировина, яка утворює тонкий фактурний шар, складає **8–10%** від всієї маси виробу.

---

**Двохшарове формування** засновано на подачі **двох мас в перехідну головку** з формуючою рамкою. В головці преса здійснюється ущільнення маси і отримання двохшарового бруса.

**Наносити ангобний шар** на глиняний брус також можна **пульверизацією** відразу після формування.

---

Також для надання **спеціальних властивостей виробів** та покращення їх зовнішнього вигляду **застосовують поливи**.

**Поливи** – це елемент оздоблення керамічного виробу, використовуються у вигляді суспензій легкоплавкої шихти, які закріплюються випалюванням при високих температурах.

**Основні методи поливу:**

- занурення виробів в глазурну суспензію,
- полив виробів суспензією на спеціальних машинах,
- розпилювання суспензії пульверизатором,
- нанесення кистю,
- припудрювання виробів сухим глазурованим порошком.

Перед поливом деякі вироби попередньо випалюють для закріплення форми черепка.



Після поливу вироби вдруге випалюють при температурі плавлення поливи.

При **напівсухому пресуванні** застосовують пісні (тощие – рос.) глини і в значній кількості домішки зол, шлаків.

Прес-порошки повинні мати певну **гранулометрію**, яка забезпечує **мінімальний вміст повітря** в суміші, потрібну **сипучість** і **не защемлення повітря при пресуванні**. Вологість формувальної маси при цьому способі пресування – 8...12%.

При змішуванні напівсухих мас можливі два варіанти:

- об'єм суміші менший суми об'ємів вихідних компонентів;
- об'єм суміші більший або рівний сумі об'ємів вихідних компонентів.

Встановлено, що найбільш стійкою буде суміш з об'ємом меншим за суму об'ємів вихідних компонентів за рахунок оптимальної безперервної гранулометрії з максимальною упаковкою частинок.

Це може служити критерієм якості перемішування і тому якість змішування можна контролювати величиною мінімального об'єму суміші – чим менший мінімальний об'єм суміші (тобто, чим більше зменшується об'єм суміші в результаті перемішування), тим якісніше відбулося перемішування (рис.5.25).

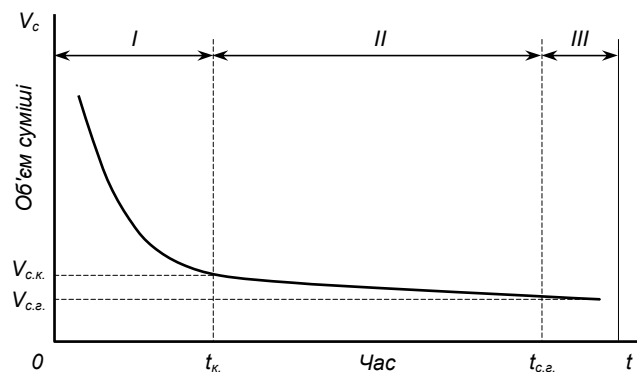


Рис.5.25. Залежність однорідності суміші від часу перемішування

**Тривалість пресування** виробів в середньому складає 0,5...3,5с.

Вироби напівсухого пресування часто **не сушать**, а безпосередньо направляють на випалювання. Хоча є і противники такого підходу.

**Метод лиття (шлікерне лиття)** заснований на властивості глин при наявності води утворювати коагуляційні структури. Такі суспензії здатні віддавати вологу капілярам пористої гіпсової (керамічної, синтетичної і т.п.) форми с утворенням на її поверхні твердого шару.

Відформовані пластичним або шлікерним способом вироби перед випалюванням сушаться.

---

### Сушіння сирцю

Надмірна волога в матеріалі під час випалювання може привести к зниженню фізико-механічних показників черепка, розтріскуванню, тобто до браку, в зв'язку з чим **перед випалюванням** виконується операція **сушіння**.

Вважається, що **швидкість сушіння до 4кг/(м<sup>2</sup>·год)** безпечна. Скоротити час сушіння можливе введенням в масу отощуючих добавок, підвищенням температури і швидкості теплоносія, сушінням напівфабрикату більшими об'ємами теплоносія.

Тривалість сушіння визначається початковою і кінцевою вологістю матеріалу, його формою, розмірами, параметрами теплоносія і т.п. Наприклад, сушать ангобовані вироби теплоносієм з вологістю 85-90% і температурою до 90°C протягом 35...40годин.

За конструктивним особливостям сушілки можуть бути:

- камерними,
  - тунельними,
  - одно- і двохярусними,
  - конвеєрними,
  - радіаційними
  - і щілинними
-

## Випалювання

Мета випалювання – надання виробу водостійкості і потрібних фізико-механічних показників.

Можливе умовне поділення процесу випалювання на чотири періоди:

- досушка (до 200<sup>0</sup>С);
- підігрів або окур (700-800<sup>0</sup>С);
- власне випалювання або узвар (900-1050<sup>0</sup>С);
- охолодження (до 40<sup>0</sup>С).

Під час першого періоду відбувається повне висушування виробів і утворення псевдоконденсаційних неводостійких структур.

Під час другого періоду вигоряють органічні домішки, вигоряючі додати, виводиться хімічно зв'язана вода з глини (при 500-600<sup>0</sup>С), що супроводжується аморфізацією речовини, починає розкладатися вапняк (при 700...800<sup>0</sup>С). Пористість виробів к кінцю другого періоду зростає.

Третій період зв'язаний з початком кристалізації аморфізованої під час другого періоду речовини, що супроводжується підвищенням його щільності. Підвищення щільності речовини призводить до інтенсивної усадки, зниженню в'язкості маси і пористості виробу.

Вогнева усадка складає 4...8% в залежності від типу сировини, її вологості, ступеня щільності при пресуванні сирцю і температури випалювання.

Під час останнього періоду випалювання температуру знижують поступово для запобігання з'явлення внутрішніх напружень і розтріскування виробів.

Випалювання здійснюють в печах безперервної дії – кільцевих, тунельних, щілинних. Тривалість випалювання залежно від типу виробу і конструкції печі знаходиться в межах 15...60 годин.

---

**Декорування виробів** – технічна операція, яка складається з нанесення декору або спеціального шару матеріалу, для надання виробу декоративних властивостей.

Існують такі види декорування виробів:

- рельєфне,
- кольорове однотонне,
- мармурове,
- штамп,
- печать (серіографія),
- декалькоманія,
- нанесення декору в електростатичному полі.

**Рельєфне декорування** утворюється при нанесенні рельєфного рисунка під час пресування виробів.

**Кольорові однотонні вироби** отримують звичайним поливом, а **мармуровидні плитки** – набризком різних поливів, які при змішуванні на черепку, утворюють мармуровидний рисунок.

**Оздоблювання штампом** виконують валиком з рельєфним рисунком, який прокатують по плитці з свіженанесеним поливом. Під час такої операції частина поливу знімається валиком і утворюється контрастний рисунок. Метод штампа дозволяє наносити фарбу на керамічний черепок, який потім повторно випалюють.

**Печать (серіографія)** передбачає отримання однокольорових або багатокольорових рисунків. Вона включає такі технологічні операції:

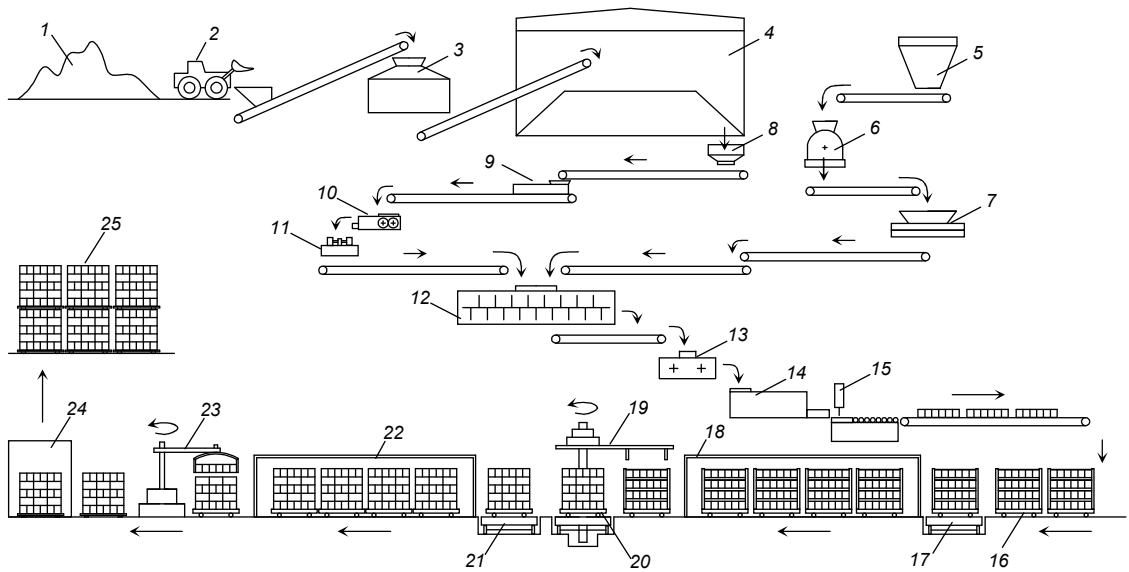
- отримання фотознімка рисунка (діапозитива),
- виготовлення сіток (трафаретів),
- виготовлення зв'язуючих та мастик,
- нанесення рисунка на кераміку з допомогою трафаретів,
- полив
- та випалювання.

З заданого рисунка отримують діапозитиви, які відповідають кожному кольоровому його елементу. Потім з допомогою фотомеханічного способу на капронових або шовкових сітках виготовляють сітки-трафарети, які покриті світлочутливою емульсією. Діапозитив світлокопіюється контактним способом за допомогою спеціального станка на сітку-трафарет, яка оброблюється спеціальним складом з метою закріплення рисунка. Таким чином виготовлюється для однокольорового рисунка одна сітка, а для багатокольорових – декілька, для кожного кольору окремо. Потім продавлюють фарбу скрізь кожну сітку – трафарет. Таким чином наносять рисунок на кераміку, яка потім випалюється.

*Електростатичне поле* дозволяє наносити на кераміку однокольорову фарбу. При цьому створюється електростатична напруга 1...10 кВ.

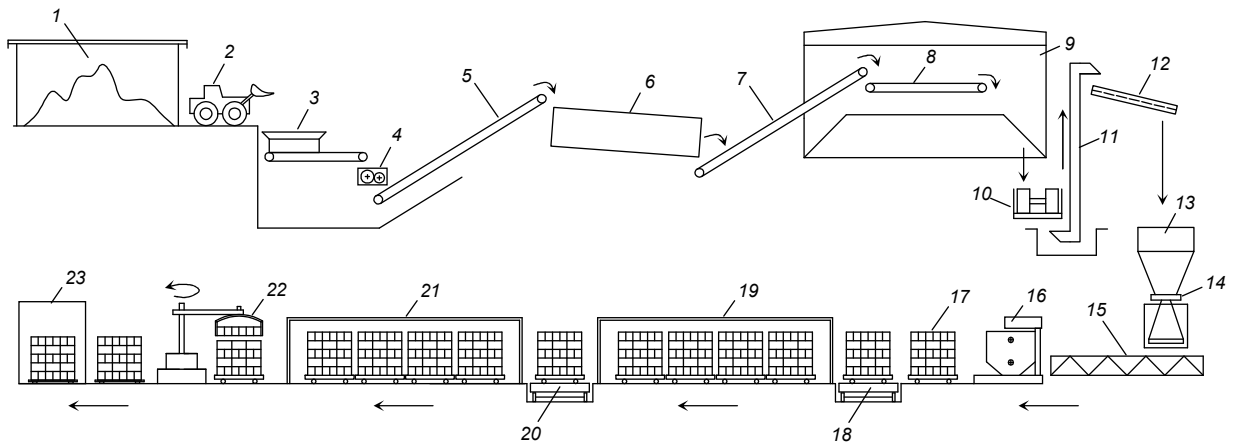
*Декалькоманія* (переведення рисунка з паперу на керамічний виріб) дозволяє отримувати кольорову кераміку з рисунками будь якої складності. Рисунки наносяться на паперову стрічку у вигляді рулону з допомогою спеціального клею. Потім папір з рисунком притискується до гарячої поверхні кераміки з температурою 125...145°C. При такій температурі клей розм'якшується і рисунок переноситься на черепок.

---



**Рис.2.13.** Технологічна схема виробництва сучасної керамічної цеглини і каменів способом пластичного формування:

1 – глина; 2 – завантажувач; 3 – подрібнення глини; 4 – склад-запасник подрібненої глини; 5 – бункер з відходами вугледобування; 6 – дробарка; 7 – грохот; 8 – розпушувач глини; 9 – ящикний живильник; 10 – вальці для видалення каміння; 11 – бігуни мокрого помелу; 12 – глиномішалка; 13 – змішувач з фільтруючою решіткою; 14 – потужний стрічковий шнековий прес; 15 – автомат різання брусу та укладки сирцю на сушильну вагонетку; 16 – сушильна вагонетка; 17, 21 – електропередавальний візок; 18 – сушило; 19 – автомат для перевантаження висушеної цегли на пічну вагонетку; 20 – пічна вагонетка; 22 – тунельна піч; 23 – автомат для перевантаження випаленої цегли на дерев'яні піддони; 24 – пакувальний автомат; 25 – склад



**Рис.2.17.** Технологічна схема виробництва керамічної цегли напівсухим формуванням:

1 – склад глини; 2 – завантажувач; 3 – ящикний живильник; 4 – вальці для видалення каміння; 5, 7, 8 – транспортери; 6 – сушильний барабан; 9 – глинозапасник; 10 – бігуни сухого помелу (дезінтегратор або млин); 11 – елеватор; 12 – вібросито; 13 – бункер; 14 – живильник; 15 – змішувач (зволожувач); 16 – прес з укладальником сирцю на пічну вагонетку; 17 – пічна вагонетка з сирцем; 18 – електропередавальний візок; 19 – сушило; 20 – електропередавальний візок; 21 – тунельна піч; 22 – автомат для перевантаження випаленої цегли на дерев'яні піддони; 23 – пакувальний автомат

## 2.2. Клінкерна цегла

Батьківщиною клінкерної цегли прийнято вважати Голландію, де він був вперше отриманий на початку XIX століття. Намагаючись компенсувати відсутність природних кам'яних матеріалів, голландці почали виробництво клінкеру – високощільного керамічного каменя.

Її технічні і естетичні показники значно перевершує такі матеріали, як лицьова цегла і цементно-піщана бруківка.

Не дивлячись на вищу вартість клінкерної цегли порівняно із звичайною і лицьовою, в Європі зараз вона використовується надзвичайно активно.

В Україні головними виробниками клінкерної цегли є ТОВ "Керамейя" (м. Суми), ТОВ "Білоцерківські будматеріали" (м. Біла Церква), ПАТ "Роздільський керамічний завод" (Львівська область). Вони на сьогодні є єдиними виробниками цієї продукції не тільки в Україні, але й на території колишнього Радянського Союзу. Наприклад, Росія експортує цю продукцію з Європи. За рівнем якості вона не поступаються кращим європейським виробникам.

Сировиною для клінкерної цегли служить **високоякісна глина і вода без добавок**. Додатково може здійснюватися підшихтовка магматичними породами для надання продукту особливої міцності.

Високоякісна керамічна маса змішується з водою, формується методом екструзії, висушується і подається на випал. Технологія виготовлення клінкеру багато в чому нагадує процес отримання типової керамічної цегли, з тією лише різницею, що температура випалювання вища (1200...1300°C), а глина переважно тугоплавка.

В процесі виготовлення глина випалюється до повного спікання (часткового плавлення), що надає цеглі різних відтінків, різко зменшує пористість черепка і дозволяє отримувати високі експлуатаційні характеристики. Це дозволяє використовувати їх не тільки для якісного і довговічного облицювання фасадів, але і для кладки тротуарів. Так, наприклад, гарантійний термін експлуатації, який дає ТОВ "Керамейя" для своєї продукції, складає не менше 100 років.

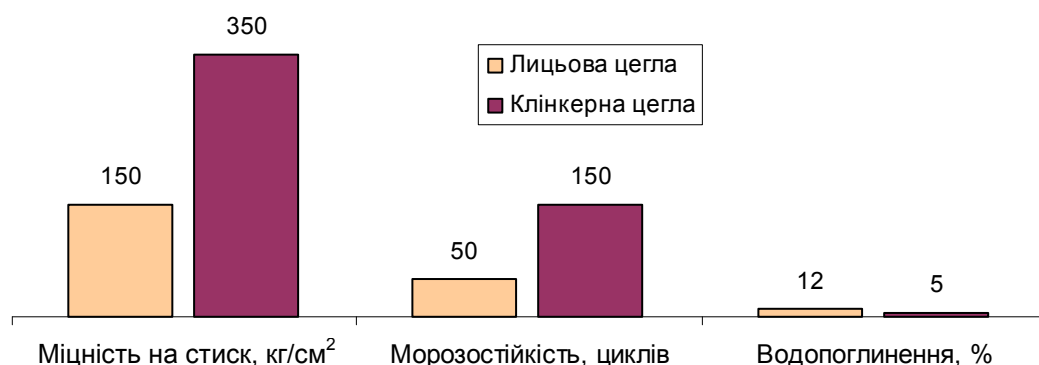
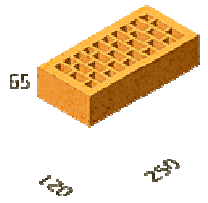
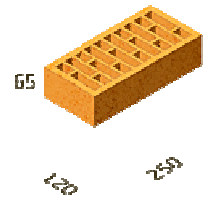
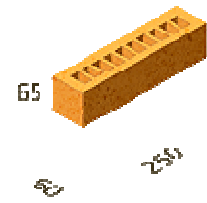
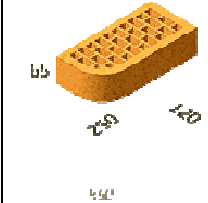


Рис.2.26. Порівняння основних характеристик лицьової та клінкерної цегли

Основні технічні та експлуатаційні характеристики української клінкерної лицьової цегли представлено в [табл.10.5](#).

*Таблиця 10.5*

**Основні техніко-експлуатаційні характеристики клінкерної лицьової цегли**


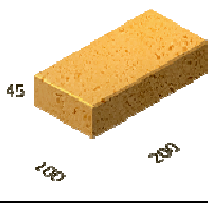
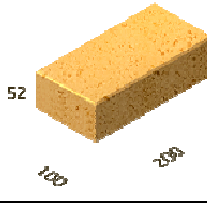
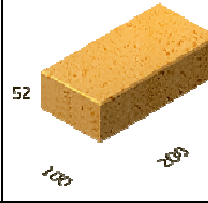
Характеристики	Показники залежно від типу виробу			
	Пр-1	Пр-1	Пр-1/2	Фасонні вироби А
Пустотність, %	36	48	28	36
Розміри, мм				
Міцність на стиск, кг/см <sup>2</sup>	M350	M300	M350	M350
Морозостійкість, циклів	F150	F100	F150	F150
Водопоглинання, %	до 5	до 5	до 5	до 5
Вага, кг	2,8	2,3	1,6	2,7

До клінкерної бруківки висуваються ще більш високі вимоги. Вона також виготовляється згідно до вимог ТУ У В.2.7-26.4-34327895-001:2008 "Керамічний клінкер для облицювання фасадів та дорожня бруківка".

Основні технічні та експлуатаційні характеристики української клінкерної бруківки представлено в [табл.10.5](#).

*Таблиця 10.5*

**Основні техніко-експлуатаційні характеристики клінкерної бруківки**

Характеристики	Показники залежно від типу виробу			
	Пв1/ Бф1 М450	Пв1/ Бф1 М650	Пв М450	Пв М650
Розміри, мм				
Міцність на стиск, кг/см <sup>2</sup>	M450	M650	M450	M650
Морозостійкість, циклів	F250			
Водопоглинання, %	до 4	до 2	до 4	до 2
Зносостійкість, г/см <sup>2</sup>				
Вага, кг	2,8	2,3	1,6	2,7

Асортимент кожного з основних видів продукції на сьогодні надзвичайно широкий за кольоровою гамою, формою та текстурою ([рис.9.29](#)).



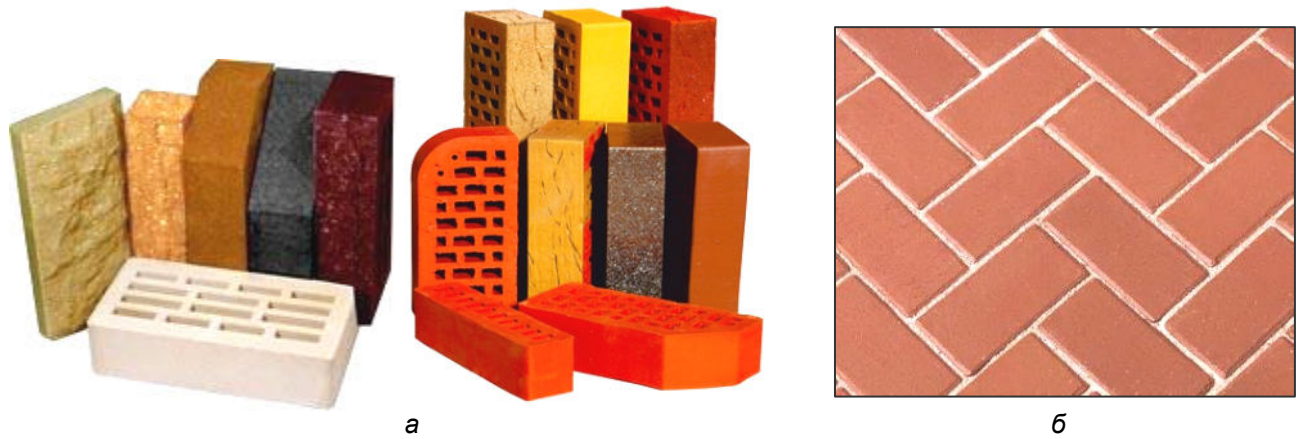


Рис.9.29. Деякі види клінкерної продукції та приклад її використання:  
 а – стінові клінкерні вироби; б – фрагмент тротуару з використанням клінкерної бруківки

### 2.3. Силікатні цегла і камені

Силікатні цегла і камені – розповсюджені в практиці будівництва стінові вироби, основна ознака яких пов’язана з технологічним процесом – автоклавною обробкою.

Спосіб виготовлення силікатної цегли із застосуванням автоклавної обробки запропонував в 1880 р. німецький вчений Міхаеліс.

Силікатну цеглу і камені згідно з ГОСТ 379-79, розподілять :

- за розмірами і видом;
- за призначенням;
- теплотехнічними властивостями;
- міцністю;
- морозостійкістю.

Залежно від розмірів і виду вони бувають:

- пустотілими,
- повнотілими,
- пористими (з пористими заповнювачами),
- пористо-пустотілими.

За призначенням цегла і камені діляться на:

- звичайну
- і лицьову.

Крім того лицьова цегла та камені можуть бути незабарвлені та кольорові.

---



Рис.2.30. Різновиди силікатної цегли

За теплотехнічними характеристиками і середньою щільністю в сухому стані цеглу камені підрозділяють на три групи:

- **ефективні**, які дозволяють зменшити товщину огорожуючих конструкцій в порівненні з товщиною стін, що зроблені з повнотілої цегли. До цієї групи належить цегла і камені з щільністю **не більш  $1400 \text{ кг/м}^3$**  Теплопровідність не повинна перевищувати  **$0,46 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$** ;
- **умовно-ефективні**, які покращують теплотехнічні властивості огорожуючих конструкцій без знищення їх товщини. До цієї групи відно-

сять цеглу щільністю **від 1401 до 1650кг/м<sup>3</sup>**. Теплопровідність не повинна перевищувати **0,58 Вт/(м·К)**;

– **звичайна силікатна цегла** густиною **більше 1650кг/м<sup>3</sup>**.

Водопоглинання силікатної цегли та каменя повинна бути більш 6%.

---

**За міцністю** цегла і камені підрозділяються на марки: 300, 250, 200, 150, 125, 100 і 75.

Межа міцності каменів при стиску, а цегли при стиску і вигині (без віднімання площі порожнин) повинна бути не менш значень, які наведені в таблиці 2.2. Міцність зчеплення оздоблювального шару з цеглою повинна бути не менш 0,6МПа.

---

**За морозостійкістю** цегла і камені ділять на марки: Мрз50, Мрз35, Мрз25 і Мрз15.

---

**Сировинні матеріали** для виробництва силікатної цегли та каменів дуже поширені: **вапно** та **кварцовміщуючі речовини**, перш за все **кварцовий пісок**. Піски застосовують різні, як природного так і штучного походження.

**Зерновий склад піску має велике значення**, тому що пісок з зерен різної **крупності добре пресується**. Пояснюється це тим, що при пресуванні сировинної суміші дрібні зерна піску розміщуються між крупними, заповнюючи порожнини між ними, в результаті чого підвищується щільність і міцність цегли.

**Окрім кварцового піску підприємства застосовують:**

- суглинки,
- трепели,
- золи,

- шлаки,
- плавлені алюмосилікатні матеріали
- а також деякі гірські породи та промислові відходи.

Застосування пористих відходів (шлаків) часто дає змогу отримувати більш легку цеглу.

---

**Технологічний процес** отримання силікатної цегли та каменів складається з:

- дозування і попереднього змішування компонентів;
- витримування суміші з метою гашення вапна;
- формування сирцю
- та його автоклавної обробки.

Сировинну суміш готують з двох основних компонентів – **меленого вапна** і **кварцевого піску** – при цьому частина піску (10...20%) тонко мелеться.

Звичайно **тиск при пресуванні** знаходиться в межах **20-40МПа**. Міцність сирцю складає 0,2...0,4МПа. Частіше застосовують преси з двохсторонньою дією. В цьому випадку отримується найбільш якісна продукція.

Якість цегли залежить і від вологості сирця. **Оптимальна вологість суміші** перед пресуванням складає **приблизно 5%** і залежить від дисперсності складових.

**Автоклавна обробка** виконується при температурі **170...200°C** та тиску **8...10 атм** (кг/см<sup>2</sup>).

## 2.4. Вироби з бетонів на легких заповнювачах

---

Бетони називаються легкими, якщо в сухому стані їх середня густина не перевищує  $2000 \text{ кг/м}^3$ . Зниження їх маси досягають, в основному, за рахунок полегшення заповнювача, а іноді ще й шляхом одночасної поризації в'язучої складової бетону.

Головною перевагою цих бетонів є можливість отримання з їх застосуванням високоефективних “теплих” конструкцій стін.

### Залежно від призначення, легкі бетони ділять на :

- теплоізоляційні - до  $500 \text{ кг/м}^3$ ,
- конструкційно-теплоізоляційні - до  $1400 \text{ кг/м}^3$ ,
- конструкційний - до  $1800 \text{ кг/м}^3$ .

### За структурою легкі бетони на пористих заповнювачах класифікують на:

- **щільні або звичайні легкі бетони**, в яких міжзернові порожнини крупного заповнювача повністю заповнені розчином (*пустотність біля 3%*);
  - **поризовані**, структура яких утворена за рахунок піно-, газоутворювачів або повітрявтягуючих домішок (*пустотність біля 25%*);
  - **безпіщані (крупнопористі)**, в яких міжзернові порожнини залишаються “вільними” (*пустотність біля 40%*);
- 

**Сировинні матеріали.** Це, перш за все, **пористі заповнювачі**, в якості яких можуть використовуватися як:

- **природні матеріали** (пемза, вулканічні туфи і шлаки, різні кремнеземисті породи),
- так і **штучні** (керамзит, спучений перліт, шлакова пемза, аглопорит та ін.).

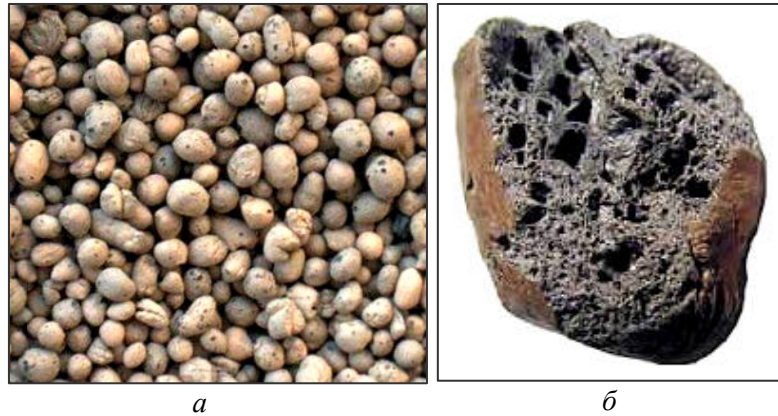


Рис.2.34. Зовнішній вигляд (а) та пориста структура (б) керамзитового гравію

- а також **заповнювачі рослинного походження** (стружка, дробльонка, костриця льону та конопель тощо).

---

В якості **в'язучих** можуть застосовуватися різні в'язучі:

- портландцементи,
- змішані цементы,
- шлаколужні цементы,
- в'язучі на основі вапна (при автоклавній обробці) і т.п.

Вибір в'язучого визначається потрібними технічними характеристиками бетону та економічною доцільністю застосування того чи іншого в'язучого.

---

**Основи технології.** Властивості і технологія легких бетонів в значній мірі визначаються:

- властивостями пористого заповнювача;
- і **вмістом дрібної фракції в загальній кількості заповнювачів.**

$$Д : (Д + К)$$

Оптимальна величина – 0,2...0,3.

- Але якщо для бетонів на щільних заповнювачах – це максимум густини і максимум міцності,
- то для бетонів на легких заповнювачах – це мінімум густини і також максимум міцності.

---

**Технологія легких бетонів** на пористих заповнювачах має свої особливості і відмінності від технології важких. Так:

- по-перше, при дозуванні пористих заповнювачів використовуються об'ємно-вагові дозатори.
- по-друге, перемішування слід робити **тільки в змішувачах примусової дії**, оскільки легкобетонні суміші характеризуються більшою здатністю до розшарування ніж важкі.
- по-третє, оскільки пористі заповнювачі мають значно меншу середню щільність ніж цементне тісто, то при їх ущільненні заповнювач намагається спливати. Тому слід використовувати привантаження при ущільненні.

Доцільно ущільнювати легкобетонні суміші з амплітудою 0,35-0,75 мм при частоті коливань 25-50Гц. Тривалість ущільнення визначається експериментально.

---

В легких бетонах **води більше**, ніж в звичайних важких. Тому **теплову обробку** легких бетонів можна робити **не відкритою парою**, а реєстрами, гарячим повітрям або відпрацьованими димовими газами.

---

**Виготовлення стінових конструкцій** з легких бетонів може бути не тільки **в збірному** варіанті, але й **в монолітному**. Тобто, бетон в опалубку (**знімну** або **незнімну теплоізоляційну**) можна подавати за допомогою бетононасосів.

---

Існуючі стіни з легких бетонів на пористих заповнювачах часто **не відповідають** сучасним **вимогам** по **теплоізолюючій здатності**. Тому такі стіни **потребують додаткового утеплення**.

Зараз існує декілька способів підвищення теплоізолюючій здатності стін з легких бетонів:

1. З **зовнішнього боку** стіни розташовують **на відстані 10...20 мм** теплоізоляційний шар матеріалу (мінераловатна плита, поропласт і т.п.). **Наявність повітряного прошарку** виключає накопичення вологи в стіні. **Стіна «дихає»**, зникає можливість утворення цвілі. Зовнішній оздоблювальний прошарок з'єднується з основною конструкцією різними методами – “мокрий спосіб”, анкерування та ін.
2. Між легким бетоном і теплоізолюючим шаром вкладається гідроізоляція. Такий **шар також виключає накопичення вологи**. По теплоізолюючому матеріалу виконують зовнішнє оздоблення.
3. Теплоізоляційний шар укладається **з внутрішнього боку** стінової конструкції. В результаті цього **зменшується площа** приміщень. **Збільшується глибина промерзання** конструкції. Теплоізоляційний шар оздоблюється гіпсокартонними листами.



## 2.4. Бетони на легких заповнювачах рослинного походження

До цієї категорії бетонів відносяться бетони групи *арболіту* та *фіброліту*.

**Арболіт** – більш важкий і міцний і відноситься, головним чином, *конструкційно-теплоізоляційних* матеріалів.

**Фіброліт** – більш легкий і відноситься, головним чином, до *теплоізоляційних* та *акустичних* матеріалів.

**Вимоги до арболіту.** Арболіт, залежно від середньої густини у висушеному до постійної маси стані, підрозділяють на:

- теплоізоляційний – з середньою густиною до  $500 \text{ кг/м}^3$ ;
- конструкційний – з середньою густиною понад 500 до  $850 \text{ кг/м}^3$ .

**Фіброліт**, залежно від *призначення* розрізняють:

- теплоізоляційний з середньою щільністю до  $350 \text{ кг/м}^3$ ;
- акустичний –  $350 \dots 400 \text{ кг/м}^3$ ;
- теплоізоляційно-конструкційний –  $400 \dots 500 \text{ кг/м}^3$ .

### Сировинні матеріали

Основними сировинними матеріалами для виготовлення арболіту є:

- в'язучі речовини;
- органічний заповнювач рослинного походження;
- добавки-мінералізатори;
- інші добавки-модифікатори при необхідності.

Як *в'язучі матеріали* для виготовлення арболітової суміші слід застосовувати:

- портландцемент;
- портландцемент з мінеральними добавками;
- сульфатостійкий цемент (окрім пуццоланового);
- шлаколушний цемент
  - марок не нижче:
    - М300 – для теплоізоляційного арболіту;
    - М400 – для конструкційного арболіту.

Як *органічні заповнювачі* для арболіту застосовуються:

- подрібнена деревина з відходів лісозаготівель, лесопилених і деревообробки хвойних (ялина, сосна, ялиця) і листяних (береза, осика, бук, тополя) порід,
- костриці конопель і льону,
- подрібнені стебла бавовника і подрібнена рисова солома.

Для **фіброліту** – **деревинна шерсть**, яка готується на спеціальних станках і має розміри по довжині – 200...500 мм, по ширині – 2...5 мм, за товщиною – 0,2...0,6 мм.

Органічні заповнювачі для **арболіту** повинні задовольняти вимогам:

- розміри деревинних частинок чи частинок костри не повинні перевищувати по довжині 40, по ширині 10, а по товщині 5 мм;
- вмісту домішок кори в подрібненій деревині не повинно бути більше 10%, а хвої і листя – не більше 5% по масі до сухої суміші заповнювачів;

Для поліпшення властивостей арболітової суміші і арболіту слід застосовувати **хімічні добавки**:

- добавки-мінералізатори, нейтралізуючі шкідливий вплив екстрактних речовин органічного заповнювача (лігнін, цукристі сполуки і ін.) і поліпшуючі адгезію цементного каменя до заповнювача –  $CaCl_2$ ,  $Al_2(SO_4)_3$ , рідке скло,  $Ca(OH)_2$ ;
- прискорюючі тверднення –  $CaCl_2$ ,  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Ca(NO_3)_2$ ;
- регулюючі пористість арболітової суміші і арболіту – піноутворювачі;
- підвищуючи захисні властивості арболіту до сталі (інгібітори корозії сталі);
- підвищуючи бактерицидні і інсектицидні властивості;
- регулюючі одночасно різні властивості арболітової суміші і арболіту (поліфункціональної дії).

## Технологія арболіту і фіброліту

Виробництво виробів з арболіту і фіброліту включає такі операції:

- приймання і зберігання деревних відходів;
- внутрішньоцехове транспортування деревних відходів і їх подрібнення (двохстадійне дроблення);
- мінералізація органічного заповнювача;

- дозування складових і приготування арболітової суміші;
- транспортування суміші і укладання її у форми;
- тверднення відформованих виробів і їх сушку;
- обробку поверхні виробів;
- транспортування готових виробів на склад і зберігання їх до відвантаження споживачеві.

---

Відповідно до СН 549, витрати складових для конструкційного арболіту класу В0,5...В2,5 знаходяться в межах:

- |                           |                                 |
|---------------------------|---------------------------------|
| – цемент М400             | – 240...360 кг/м <sup>3</sup> ; |
| – дробленка хвойних порід | – 140...240 кг/м <sup>3</sup> ; |
| – вода                    | – 260...400 л;                  |
| – хлористий кальцій       | – 6...8 кг/м <sup>3</sup> .     |

---

Теплову обробку виконують у два етапи –

- низькотемпературна тепловолога обробка в формах
- і сушка без форм при загальній протяжності до 48 годин.

---

При виробництві арболіту або фіброліту *на шлаколужному в'язучому* виключається процес *тривалого витримування* деревини (4-6 місяців) або окремої операції мінералізації.

Як *мінералізатор* і *затворювач* в'язучого одночасно, використовуються рідке натрієве скло з силікатним модулем  $M_s = 1 \div 3$ .

Замість портландцементу - *мелений доменний гранульований шлак*, а тепловологу обробку без негативних наслідків можна виконувати при **80-90°C** на протязі **7-10** годин.

При раціонально підбраному складу фібробетону і складу самого шлаколужного в'язучого з введенням різних модифікуючих додатків, *розпалубка* виробів можлива уже *через 3-5* годин після формування і тверднення при температурі 18-25°C, після чого виріб може направлятись на сушку (природну або примусову). Це можливо за рахунок виключно висо-

ких фізико-механічних показників шлаколужного штучного цементного каменю.

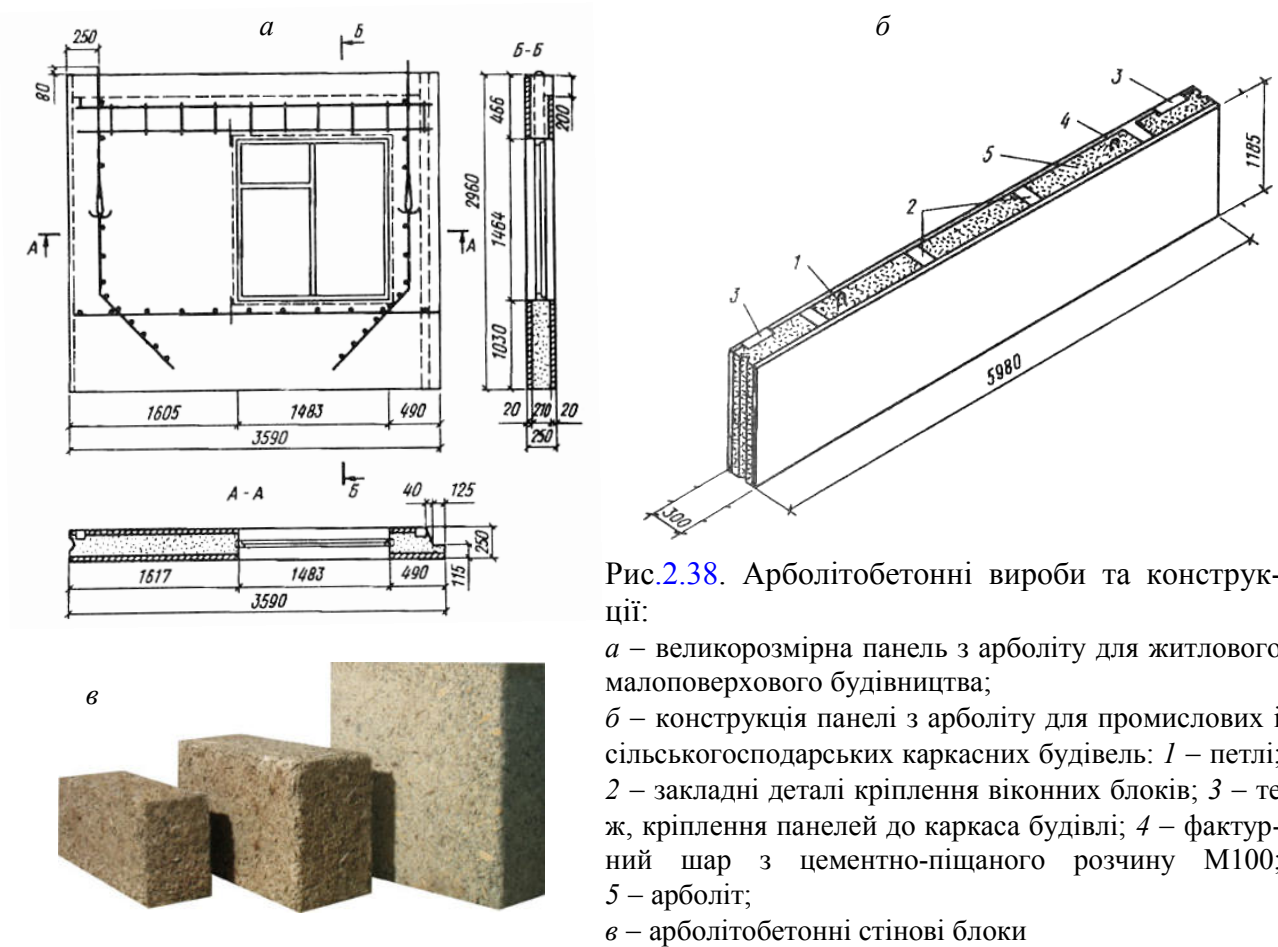


Рис.2.38. Арболітобетонні вироби та конструкції:

*а* – великорозмірна панель з арболіту для житлового малоповерхового будівництва;

*б* – конструкція панелі з арболіту для промислових і сільськогосподарських каркасних будівель: *1* – петлі; *2* – закладні деталі кріплення віконних блоків; *3* – те ж, кріплення панелей до каркаса будівлі; *4* – фактурний шар з цементно-піщаною розчину М100; *5* – арболіт;

*в* – арболітобетонні стінові блоки

Окремо слід зазначити, що існуючі стіни з легких бетонів на легких заповнювачах не завжди відповідають сучасним нормативним вимогам щодо теплоізолюючої здатності. Тому такі стіни потребують додаткового утеплення. Сучасне будівництво широко використовує системи утеплення будівель. Такі системи використовуються на будівлях, що покращує умови життєдіяльності в приміщенні, а також сприяє змінам архітектурного вигляду споруд. Теплоізоляційні системи різної конструкції розглядаються далі..

## 2.6. Вироби з ніздрюватих бетонів

---

Ніздрюваті бетони **вперше були одержані** у Чехословаччині Гоффманом ще у 1889 р. з використанням реакції взаємодії **соляної кислоти і бікарбонату натрію**.

**Найбільш прийнятним** для виробництва ніздрюватого бетону виявився спосіб з використанням **алюмінієвої пудри і гідроксиду кальцію**, запропонований в 1914 р. Ейлвертом і Дайєром.

У 1918 р. швед Еріксон **для прискорення твердіння** ніздрюватого газобетону **вперше використав автоклавний спосіб**, який пізніше одержав широке промислове використання (хоча сам спосіб обробки будівельних матеріалів в атоклаві був запропонований Міхаелісом ще у 1880 р.). **Подальше удосконалення** способу проходило у напрямку повної **заміни цементу вапном** і більш широким **використанням тонкомолотих кремнеземистих додатків**.

---

Другим напрямком одержання ніздрюватого бетону являється **змішування водяної суспензії сировинних матеріалів з попередньо підготовленою піною**. Залежно від типу в'язучої речовини і кремнеземистого компоненту, одержувані **матеріали отримали назву пінобетонів, піносилікатів, пінозолосилікатів, піношлаків, гіпсопінобетонів і т.д.**

Спосіб вперше запропонований у 1911 р. датчанином Байєром.

---

Ці **дві технології є основними** і по цей час при створенні у бетонах ніздрюватої пористої структури.

---

Практика освоєння виробництва **великогабаритних виробів** із ніздрюватих бетонів показала **переваги газобетону над пінобетоном**. Вони проявляються у **більш рівномірному розподілу пор по всьому об'єму**, покращанні реологічних властивостей поризованої маси, **більш швидкому тужавінню і набору міцності**. Це дозволяє скоротити час попереднього витримання в 2-3 рази у порівнянні з пінобетоном.

Хоча слід сказати, що останнім часом у зв'язку з **енергетичною кризою** та **розробкою ефективних піноутворювачів і добавок-прискорювачів** твердіння, простотою приготування – пінобетон нормального твердіння (тобто без теплової обробки) також достатньо часто використовується.

---

### 2.6.1. Класифікація ніздрюватих бетонів

За областю використання:

а) **теплоізоляційні** – середня щільність до  $500 \text{ кг/м}^3$ , загальна пористість 82-92% і які підрозділяються на:

- **легкі теплоізоляційні** з середньою щільністю до  $350 \text{ кг/м}^3$ ;
- **важкі** - з середньою щільністю до  $350-500 \text{ кг/м}^3$ ;

б) **теплоізоляційно-конструкційні** для огороджуючих **самонесучих** конструкцій - середня щільність  $500-900 \text{ кг/м}^3$ , загальна пористість 66-82%.

в) **конструкційні бетони** для **несучих** конструкційних елементів жилих та сільськогосподарських будівель – середня щільність  $1000-1400 \text{ кг/м}^3$ , загальна пористість 47...66%.

### За способом одержання пор:

- **газоутворенням** - поризація структури досягається спученням маси, що твердне, газами, які виділяються (газобетон, газосилікат, газозолобетон і т.п.);
  - **піноутворенням** - поризація структури досягається змішуванням водної суспензії тонкодисперсних матеріалів з попередньо одержаною повітряною піною (пінобетон, піносилікат, піногіпсобетон і т.п.);
  - **аеруванням** - пори утворюються внаслідок спінювання маси при її перемішуванні, яка включає в себе піноутворювач (аерований ніздрюватий бетон, аерований ніздрюватий силікат і т.п.).
- 

### За видом використаного в'язучого:

- портланд-, шлакопортланд-, пуццолановий цементи,
  - шлаколузні в'язучі,
  - вапно,
  - вапняно-гіпсові суміші.
- 

В режимі автоклавовання (тиск 0,8...1,6 МПа, температура 174...200°C) в якості в'язучого можливе використання **основних металургійних шлаків, нефелінового шламу, висококальцієвих паливних зол і шлаків від спалювання бурого вугілля і сланців.**

---

За видом використаного кремнеземистого компоненту, який виконує як функції дрібнодисперсного **заповнювача,** так і **складової частини в'язучого,** особливо при автоклавованні. **Перевага віддається кварцовим піскам з вмістом кремнезему не менш ніж 80%.** А також золам, шлакам, тощо.

---

За умовам тверднення ніздрюваті бетони діляться на :

- автоклавні
- і безавтоклавні.

Автоклавні бетони тверднуть в тепловологісних умовах при тиску, який перевищує нормальний атмосферний.

До безавтоклавних відносяться ніздрюваті бетони нормального природнього тверднення.

---

### 2.6.2. Основні властивості ніздрюватих бетонів

Розрізняють марки ніздрюватого бетону за:

- середньою густиною
  - та механічною міцністю на стиск.
- 

**Проектна марка бетону** - це кубикова міцність при стиску зразків з ребром 15 см при їх вологості  $10\pm 2\%$ .

---

Оцінку **міцності** і **конструктивних переваг** матеріалу найбільш повно відображує **коефіцієнт конструктивної якості** (K), який є побічною характеристикою технічного рівня і культури виробництва:

$$K = R_{cm}/g_o^2$$

де:  $R_{cm}$  - міцність при стиску, кг/см<sup>2</sup>;  
 $g_o$  - середня густина, кг/л.

Кращі виробничі показники коефіцієнту конструктивної якості для вітчизняних підприємств складають **130...150** для автоклавних бетонів і **70...85** - для безавтоклавних.

---



**Вологість** значно впливає на міцність ніздрюватих бетонів і тому повинна обов'язково враховуватися при проектуванні.

Відпускна міцність ніздрюватих бетонів при стиску повинна бути **не менш проектної**, помноженої на коефіцієнт - 0.85, 0.82, 0.78, 0.75 при вологості 8, 10, 12, 15-25% відповідно.

---

**Теплопровідність** – одна із основних характеристик ніздрюватих бетонів. Воно в основному є функцією їх **середньої щільності** і **вологості**.

Орієнтовно, як вказувалось раніше, можна визначити за емпіричною формулою Б.Н.Некрасова для матеріалів з природною вологістю (1...7%):

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

де  $\rho_m$  – середня густина матеріалу, т/м<sup>3</sup> (г/см<sup>3</sup>).

---

Можливе також визначення коефіцієнта теплопровідності зволжених ніздрюватих бетонів, Вт/(м<sup>0</sup>С), за формулою:

$$\lambda_{вол.} = \lambda_{сух} \left( 1 + \frac{wg}{100} \right),$$

де:  $\lambda_{вол.}$ ,  $\lambda_{сух}$  - коефіцієнти теплопровідності зволоженого і сухого ніздрюватого бетонів, Вт/м<sup>0</sup>С,  
 $g$  - приріст значення коефіцієнту теплопровідності на 1% об'ємної вологості, % ;

$W$ - вологість матеріалу, %

В **конструктивних розрахунках** при визначенні товщини виробу необхідно враховувати **експлуатаційну вологість** ніздрюватих бетонів, яка дорівнює **8-12% по об'єму**.

---

Усадочні деформації автоклавного пінобетону із середньою щільністю:

- |                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| – 600 кг/м <sup>3</sup> складають | – 0,4 мм/м;  |
| – 800 кг/м <sup>3</sup>           | – 0,43 мм/м; |
| – 1200 кг/м <sup>3</sup>          | – 0,53 мм/м. |

Біля 80% від повного значення усадки приходить на перші 30 діб, на 60 добу усадка в цілому стабілізується.

Ніздрюваті бетони **неавтоклавного** тверднення мають **більш значні величини** деформацій усадки.

Крім того, **карбонізація** вуглекислим газом повітря **викликає додаткову деформацію** усадки на 1,4-1,8мм/м.

Зниження усадочних деформацій і підвищення тріщиностійкості можна досягти ретельним підбором оптимальної гранулометрії меленого піску, призначенням раціональних режимів автоклавної обробки і співвідношенням компонентів сировинної маси.

---

Морозостійкість залежить головним чином від характеру структури силікатного каменю і виду використаної в'язучої речовини. Ніздрюваті матеріали **на цементах** мають **більш високі показники**, ніж газо- і піноси-лікати.

Як правило, морозостійкість ніздрюватих бетонів **перевищує 25** циклів. При більш вдалих варіантах підбору складу сировинної шихти, гранулометрії молотого піску, технології виробництва вдається одержати матеріал, який витримує **150 і більше циклів**.

---

Акустичні властивості ніздрюватих бетонів **достатньо високі**. Вони мають **звукопоглинаючі і звукоізолюючі** властивості.

Звукопоглинання досягається за рахунок того, що звукова хвиля, багаторазово відбиваючись від стінок лабіринтоподібної системи пор, приводить в хаотичний рух повітря, яке знаходиться в них, в результаті чого його рух уповільнюється і частина енергії звукової хвилі переходить у теплову.

Підвищенню ступеню *звукопоглинання* сприяють зменшення середньої щільності і підвищення діаметру пор матеріалу.

---

Вогнестійкість ніздрюватих бетонів *висока* і пояснюється їх *негорючістю* і *високими теплоізоляційними* властивостями. Вона *перевищує вогнестійкість важких цементних бетонів*. На матеріалі протягом 4 годин дії вогню не було відмічено видимих слідів руйнування.

Так, міцність пінобетону із середньою щільністю 700-800 кг/м<sup>3</sup> падає на 20% при температурі 500 °С; а при нагріванні до 800 °С - до 50%. Введення до складу пінобетону додатків золи-уносу, цемянки, меленого доменного шлаку сприяють підвищенню жаростійкості матеріалу. Матеріал у цьому випадку може витримувати довготривалу дію температур до 800 °С.

---

### **2.6.3. Фізико-хімічні основи технології виробів із ніздрюватих бетонів**

В основі технологічних стадій при одержанні будь-яких матеріалів і виробів *лежать процеси*, які зв'язані з *перетворенням сировини в кінцевий продукт*.

Вони *визначають послідовність операцій і вид конкретного технологічного обладнання*, що використовується.

Характер цих процесів, в свою чергу, *визначається якістю сировинних компонентів, їх природою і ступенем підготовки*.

В зв'язку з цим розглянемо види сировини для ніздрюватих бетонів, її підготовку і участь в процесах, які виконуються на стадії приготування ніздрюватобетонної суміші.

---

**В'язучі** – клінкерні цементи, шлаколузні в'язучі, вапно.

**Кремнеземисті компоненти:**

Пісок (ДСТУ Б В.2.7-32-95) – по вмісту слюди не повинен перевищувати 0.5%, а глини - не більше 5%. Ступінь дисперсності - рядова, 170-280 м<sup>2</sup>/кг, а інколи і більш висока.

Золи-виносу електростанцій мають складний хімічний склад, який залежить від виду спалюваного палива. Вміст SiO<sub>2</sub> - 30-70%; Кількість не згорілих частинок палива у золах не повинна перевищувати 10%.

Доменні та інші металургійні шлаки. Використовують в залежності від вмісту в них склофази, типу структури і хімічного складу (модуля основності M<sub>0</sub>).

- Гранульовані шлаки з M<sub>0</sub> ≥ 0.8 і вмістом склофази більше 80% можна використовувати як самостійні в'язучі речовини автоклавного твердіння.
- При M<sub>0</sub> < 0.7, вони втрачають свою активність і значення самостійних в'язучих. Тому вони можуть використовуватися тільки як корегуючі кремнеземисті домішки.

Найбільш придатними для автоклавного виробництва якості в'язучих є гранульовані шлаки (M<sub>0</sub> = 0,8...1,2) з мінімальною кількістю активізуючих домішок (гіпсу, вапна, лугів і т.п.).

Трепел, діатоміт, опока - кремнеземисті домішки, які вміщують 70...90% хімічно активного аморфного кремнезему.

---

Кремнеземисті добавки,

- якщо їх використовують в якості компонента в'язучого, подрібнюють до питомої поверхні  $600 \text{ м}^2/\text{кг}$ ,
- а якщо заповнювача - до питомої поверхні  $250 \text{ м}^2/\text{кг}$ .

---

**Газоутворювачі.** Це:

- *алюмінієва пігментна пудра* марок ПАП-1 і ПАП-2
- і *пергідроль* –  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

Початок газовиділення алюмінієвої пудри в лужному середовищі - через 1...2 хв. Так як пудра вогнебезпечна, її необхідно зберігати у металевій герметичній тарі.

**Пергідроль** - це 80%-й водяний розчин перекису водню  $\text{H}_2\text{O}_2$ . З водою розбавляється у будь-яких пропорціях.

---

**Піноутворювачі.**

Використовують клеєканіфольний, смолапоніновий, алюмо-сульфонафтеневий піноутворювачі, гідролізовану кров – ГК.

Основні вимоги при їх випробуванні – **якість піни** вважається прийнятною, **якщо через 1 год** після її приготування осадка стовпа піни на приладі ЦНИИПС-1 (рис.2.40.) буде не більш як **10 мм**, кратність - не менш як **20**, відхід рідини - не більш як **80 мл**.

**Кратність** - це відношення **об'єму одержаної піни** до **об'єму рідини** піноутворювача.

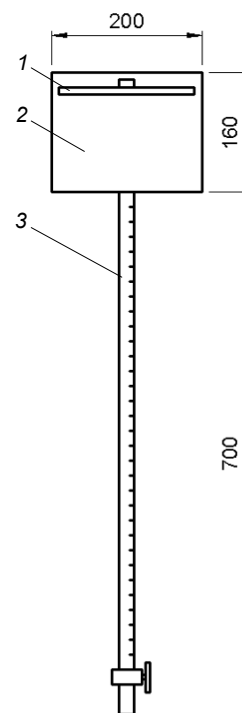


Рис.2.40. Прилад ЦНИИПС-1 для визначення якості піни: 1 – поплавок; 2 – прозора ємність з позначкам; 3 – прозора трубка з позначками для виміру відходу рідини

## Добавки

*Гіпс* - використовують двоховодний та напівводний. Використовують для прискорення набору міцності і підвищення кінцевої міцності.

*Прискорювачі тверднення* – хлористий кальцій, хлоралюмокальцит, пергідроль, сірчаноокислий глинозем, рідке скло – використовують, головним чином, для ніздрюватих **бетонів неавтоклавної** твердіння.

*Прискорювачі і стабілізатори газовиділення* - використовують для інтенсифікації реакції газовиділення при використанні алюмінієвої пудри. Це гідроксиди і сполуки лужних металів, які дають у воді лужну реакцію - NaOH, NaZnO<sub>2</sub>, NaF, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> та ін.

Для **рівномірного протікання** реакції використовують додаток-стабілізатор **КМЦ** (карбоксиметилцеллюлоза натрію). Найкращий прискорююче-стабілізуючий ефект дає комплексний додаток **NaOH + КМЦ**, який дозволяє регулювати час і швидкість газовиділення у широких межах.

---

## Вода

Забороняється використовувати воду з шкідливими для в'язучих домішками а також воду, яка має рН ≤ 4, воду з концентрацією сульфатів більш 1%, а також болотні і стічні води.

---

## Арматура

Діаметр стержнів арматури сіток, каркасів і окремих стержнів, не повинен перевищувати **20 мм**. Підготовка арматурних каркасів і закладних деталей **передбачає нанесення антикорозійного захисту** у вигляді **цементно-казеїнового** і **цементно-стирольного** покриття, **бітумно-глиняної** пасти, суспензії, яка складається з цементу, бітуму, нітрату натрію і т.п.

---

## Механізм формування структури при газотворенні

Одержання ніздрюватої структури при газовиділенні – це кінцевий результат дії двох основних паралельних процесів, а саме:

- газовиділення внаслідок взаємодії тонкодисперсного порошку алюмінію з лугами (вапном, сполуками лужних металів тощо), які є у суміші;
- твердіння суміші.

При замішуванні розчину, який вміщує  $Ca(OH)_2$  і алюмінієву пудру, майже зразу між ними починається реакція з виділенням водню і теплоти. Газ, який виділяється, збільшує в 4...5 разів об'єм сирової вихідної суміші з утворенням пористої структури:

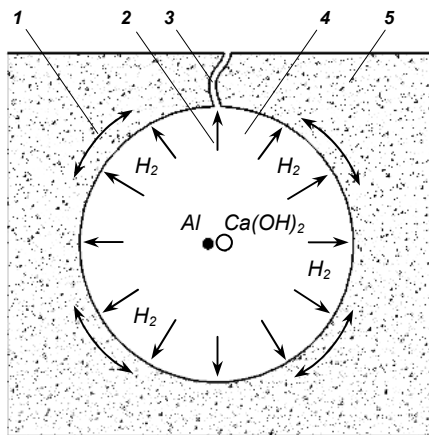
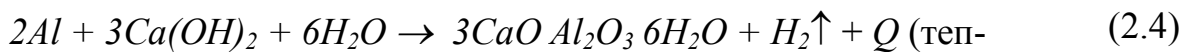


Рис.2.41. Схема пороутворення при газовиділенні:

1 – напрямком пластичної в'язкості розчину; 2 – напрямком тиску газу; 3 – капіляр від газів, що відходять; 4 – пора; 5 – розчин

### 2.6.4. Технології виробництва газосилікатів та газобетонів

**Литтєва технологія.** В якості оптимальних вихідних характеристик розчину при формуванні газобетону або газосилікату за технологією лиття з використанням алюмінієвої пудри приймаються такі показники:

- текучість розчину за приладом Суттарда – 24...35 см;
- водо-тверде відношення (В/Т) – 0,45...0,65;
- необхідний рівень рН забезпечується додаванням 0,5...2%  $NaOH$  від маси води;
- температура розчину – 40...50°C залежно від кількості добавки.

Вважається, що це гарантує стабільні умови спучення при постійній швидкості процесу, зменшує вплив зміни реологічних властивостей розчину на формування макроструктури газобетону.

Спучення маси проходить у формах протягом 20...50 хв. з подальшим "визріванням" протягом 3...6 год. Підвищене В/Т вимагає використання високоактивних цементів і збільшення їх витрат та тривалості циклу отримання виробів.

Приклад виробництва автоклавного газобетону за технологією "Сіпорекс" представлений на [рис.2.44](#).

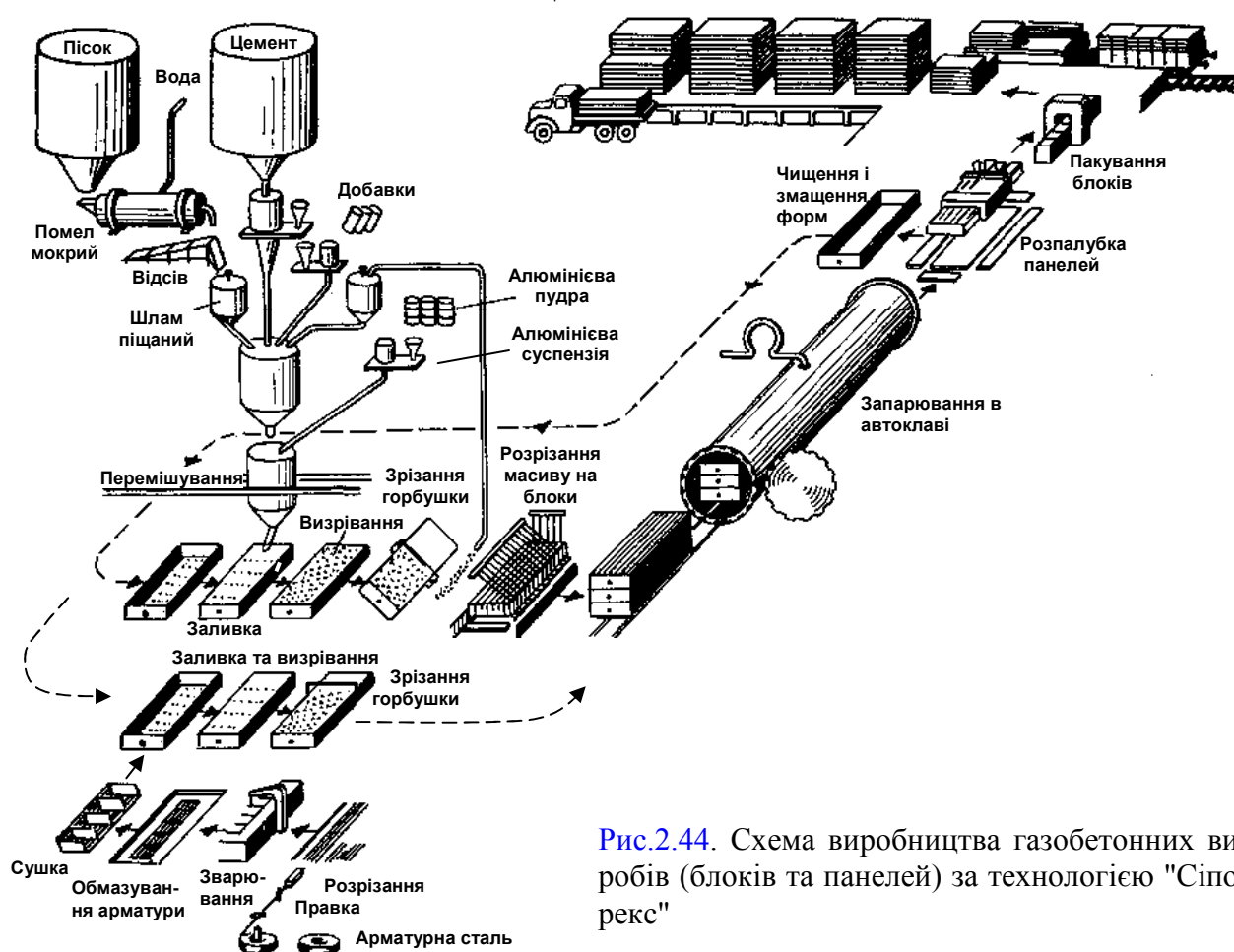


Рис.2.44. Схема виробництва газобетонних виробів (блоків та панелей) за технологією "Сіпорекс"

### Вібраційна технологія

Суть вібраційної технології виробів із газобетону полягає в можливості зменшення води, що додається до сировинної маси ( $V/T = 0,35...0,45$ , текучість за приладом Суттарда 9...12 см) і в інтенсифікації процесу спучення при використанні вібрації за рахунок явища *тиксотронії* (розріджування) суміші і *прискорення реакції газовиділення*. Тривалість віброступення суміші – 5...7 хв.



По мірі проходження процесу спучення рекомендується поступово знижувати інтенсивність вібрації для усунення технологічних напружень, які виникають при різкому зупиненні віброплощадки. Доцільно використовувати установки, які дають можливість регулювати частоту і амплітуду вібрації.

Крім того, оптимальні параметри вібрації визначаються також середньою густиною виробів, а саме:

- при значеннях більше ніж  $700 \text{ кг/м}^3$  амплітуда коливань складає  $0,3 \dots 0,4 \text{ мм}$  при частоті  $45 \dots 50 \text{ Гц}$ ;
- при значеннях менше ніж  $500 \text{ кг/м}^3$  амплітуда повинна бути зменшена до  $0,2 \text{ мм}$ , але частота підвищується до  $100 \text{ Гц}$ .

---

**Обладнання** для виробництва ніздрюватих бетонів характеризує рівень технології і визначає можливість отримання продукції регламентованої якості, але існує основний комплект машин та пристроїв, без якого не може бути реалізована сама технологія.

---

**Млини.** Можна використовувати практично будь-яке помольне обладнання, яке придатне для помелу неметалевих мінеральних матеріалів.

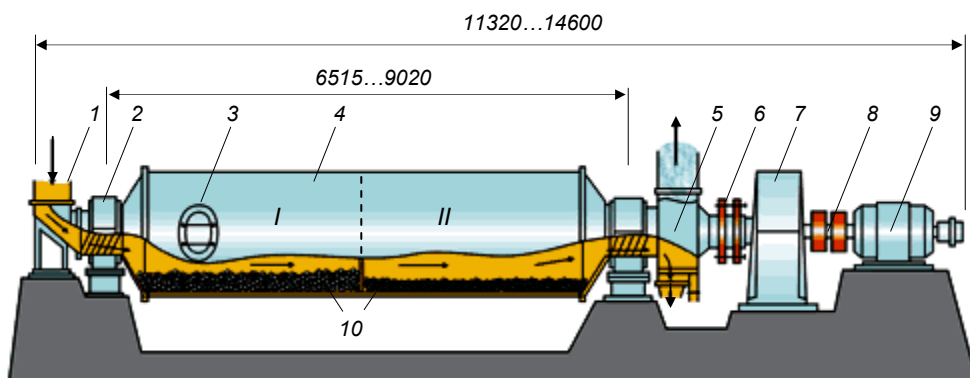


Рис.2.47. Трубний кульовий двокамерний млин:

*I, II* – камери млина; *1* – завантажувальна воронка; *2* – роликівій опора; *3* – люк; *4* – корпус млина; *5* – розвантажувальна частина; *6* – еластична муфта; *7* – редуктор; *8* – пальцева муфта; *9* – електродвигун; *10* – мелючі тіла

---

**Пневмоустановка** (рис.2.48) для транспортування шламу від млина мокрого помелу в шламбасейни складається з двох камерних насосів, простота, надійність і висока продуктивність яких обумовлює їх широке використання, незважаючи на циклічність роботи.

---

**Шламбасейни** (рис.2.49) являють собою вертикальні металеві або залізобетонні циліндричні ємності, обладнані пристосуванням для перемішування, яке складається з приводу і валу з лопатями пропелерного типу.

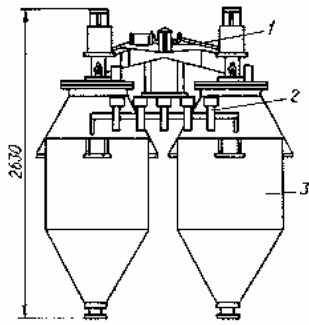


Рис.2.48. Пневмоустановка для транспортування шламу:

1 – лоток з поворотною заслінкою; 2 – пневморозгалуження; 3 – камерний на-

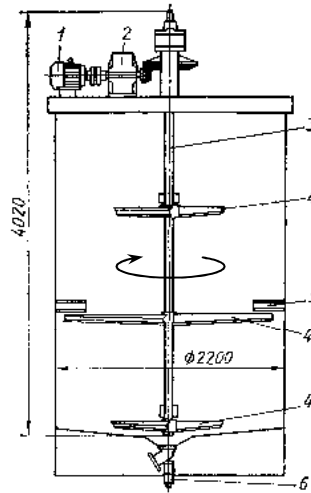


Рис.2.49. Шламбасейн:

1 – електропривод; 2 – редуктор; 3 – лопатний вал; 4 – лопаті пропелерного типу; 5 – відбійні лопаті; 6 – розвантажувальний

**Газобетонозмішувачі** можуть бути *пересувними* і *стаціонарними*. Для виробництва теплоізоляційного газобетону і газосилікату в основному використовуються вертикальні самохідні змішувачі, які пересуваються по рейкам на рівні підлоги цеху або по рейкам, піднятими на необхідну висоту.

**Машини та пристрої для зрізання "горбушки"**. "Горбушка" – це надлишок затверділої газобетонної суміші, яка піднялась вище бортів форми. Машини для зрізання "горбушки" мають струну для підрізання "горбушки" і скребковий конвеєр для її видалення. Підрізані шматочки "горбушки" можуть також видалятися з поверхні масиву вакуум-насосом.

**Автоклави** (рис.2.52) призначені для тепловологої обробки бетонних виробів при підвищеному тиску (0,8...1,2 МПа) і температурі (170...188°C). Про-

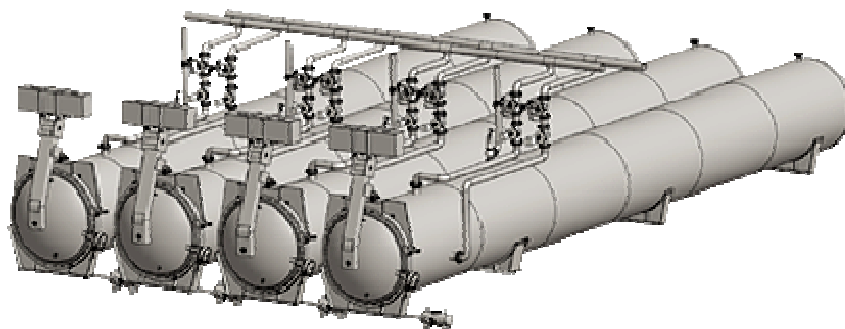


Рис.2.52. Автоклави тупикові (непрохідні) з системою подачі пари, перепуску пари та відведенням конденсату

мисловий автоклав являє собою циліндричну посудину високого тиску непрохідного або прохідного типу (з однією знімною кришкою і глухим торцем або з двома знімними кришками, що більш вдало для організації потокового виробництва). Для обробки теплоізоляційних ніздрюватих бетонів використовуються автоклави діаметром 2; 2,6; 3 і 3,6 м.

**Автоклавний візок-платформа** (рис.2.53) призначений для подачі в автоклав форм, заповнених газобетонною сумішшю або блоками розрізаного газобетонного масиву, подачі форм на пост розпалубки і повернення їх на пост формування. Розроблено декілька типів вагонеток, що обумовлено діаметром автоклавів і розміром виробів.

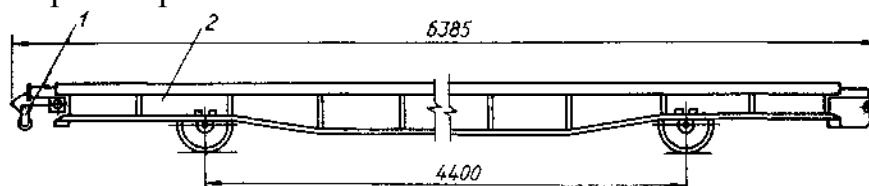


Рис.2.53. Автоклавний візок-платформа:  
1 – автозчеплення; 2 – зварна рама

**Різальна технологія.** Суть різальної технології – отримання сирого ніздрюватобетонного масиву, який має достатню міцність, та його подальше розрізання на окремі блоки або вироби за допомогою спеціальних машин. Ніздрюватий масив-сирець може бути одержаний будь-яким вищезгаданим способом. Однак для великих масивів з висотою заливки 160 см і більше використовують тільки газоутворення.

Формування великих масивів ніздрюватого бетону при різальній технології має свої особливості:

- необхідність чіткої фіксації арматурного каркасу в просторі форми при виготовленні армованих виробів;
- заповнення форми не довше ніж за 2 хвилини;
- доцільність введення для прискорення газовиділення спеціальних добавок.

Найбільш простим способом розрізання газобетонного сирцю є спосіб продавлювання, за яким струна визначеного діаметра протягується через товщу масиву. Для зниження лобового опору бетонної маси струні використовують різні більш раціональні способи руху ріжучого органу – коливальний рух (пиляння), суміщення поступального руху струни з обертанням навколо своєї вісі, використання струни з навитою на неї спіралі і та ін. (рис.2.56).

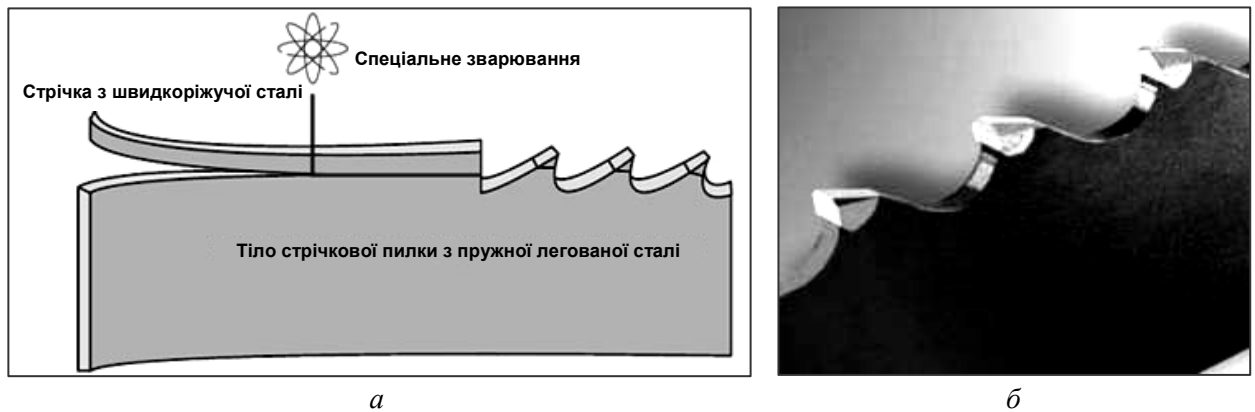


*a*



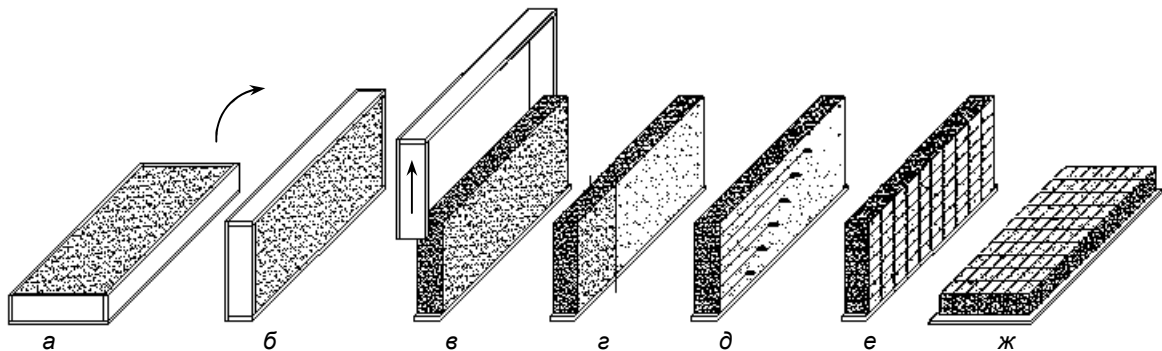
*б*

Рис.2.56. Типи деяких струн для розрізання масиву ніздрюватого бетону:  
*a* – струни з навивкою; *б* – гвинтоподібна струна



**Рис.2.57.** Конструкції деяких стрічкових пил для розрізання ніздрюватого бетону: *а* – виготовлення біметалічної стрічкової пили; *б* – стрічкова пила з зубами з надтвердого сплаву

Найбільш розповсюдженим є спосіб, при якому масив звільняється від форми і переноситься на спеціальний пост, де він після кантування розрізається спочатку в горизонтальному, а потім у вертикальному напрямках (рис.2.58).



**Рис.2.58.** Схеми розрізання масиву з кантуванням:

*а* – масив у формі, який вже набрав необхідну пластичну міцність; *б* – кантування масиву; *в* – знімання форми, масив залишається на борту-платформі; *г* – бокове підрізання поверхні масиву; *д* – розрізання масиву у горизонтальному напрямку; *е* – розрізання масиву у вертикальному напрямку; *ж* – зворотне кантування розрізаного масиву і відправлення його на піддоні або решітці на автоклавну обробку

## Технологія отримання пінобетону

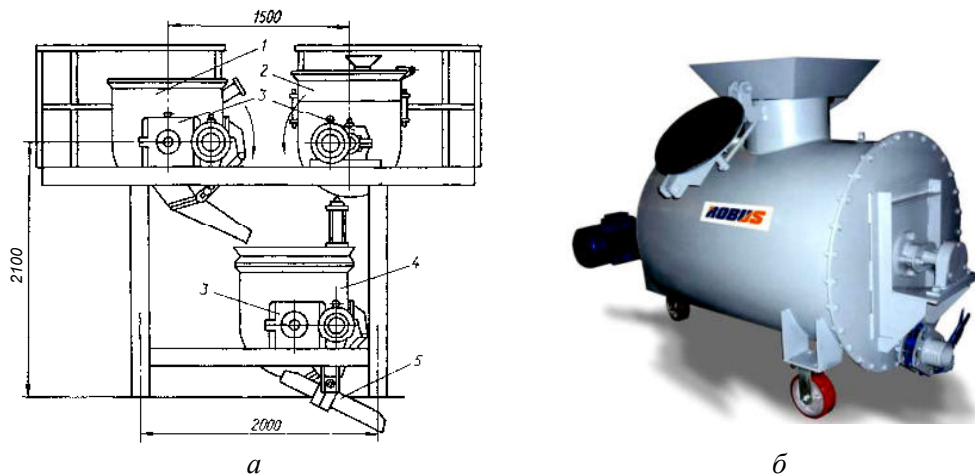
Технологія пінобетону значно простіша і доступніша, ніж технологія автоклавного газобетону. Це обумовлює можливість його випуску невеликими фірмами, приватними підприємцями і навіть в домашніх умовах. Тому виходячи з економічних міркувань, пінобетон, на відміну від газобетону, в більшості випадків виготовляють за безавтоклавною технологією. Тобто, його часто пропарюють при атмосферному тискові або просто витримують в стандартних умовах (при температурі  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  і вологості не нижче 95%). Щоправда, з цих вищезгаданих причин пінобетон в ряді випадків може суттєво програвати перед газобетоном у якості.

Найбільш відомі три способи виробництва пінобетону.

**1. Класичний.** За цим методом спочатку готують цементне тісто або цементно-піщаний розчин, а потім додають спеціально приготовану піну з піногенератора. Розчин в бетонозмішувачі змішується з піною, отримується пенобетонна суміш, яка при подальшому твердненні утворює пінобетон. Цей спосіб можна назвати найбільш відпрацьованим і надійним. Для даного методу зазвичай використовуються органічні піноутворювачі з переробкою їх на піну у спеціальних піногенераторах.

Для приготування суміші можуть бути використані різні типи пінобетонозмішувачів. На [рис.2.66, а](#) показана схема класичного трибарабанного пінобетонозмішувача продуктивністю  $0,5 \text{ м}^3$  за один заміс. Він призначений для приготування пінобетонної суміші при сухому помелі піску. Віддозовані цемент, вапно і вода подають в розчинозмішувач, перемішують, а потім подають порцію меленого піску із дозатора. Після трихвилинного перемішування цементно-піщаний розчин подають в змішувач, куди надходить і попередньо отримана піна з барабана піногенератора. Одержану однорідну ніздрювату масу вивантажують в бункер, який краном подається на пост формування виробів.

Пінобетон може виготовлятися також в одно- і двохбарабанних змішувачах різної конструкції ([рис.2.66, б](#)). В однобарабанний змішувач спочатку подаються всі віддозовані компоненти суміші, крім піноутворювача (цемент, вапно, дисперсний кремнеземний компонент, фібра поліпропіленова) і перемішують. До отриманого розчину додають окремо приготовану в піногенераторі піну і знову перемішують до отримання готової пінобетонної суміші.



**Рис.2.66.** Конструкції деяких пінобетонозмішувачів при використанні класичної технології:

*а* – класичний трибарабанний; *б* – однобарабанний

*1* – розчинозмішувач; *2* – піногенератор; *3* – редуктори; *4* – барабан змішувача піни з розчином; *5* – лоток

**2. Баротехнологія.** За цим способом пінобетон отримують під впливом надлишкового тиску на сировинну суміш всіх компонентів. Спосіб передбачає поєднання в одному апараті функції піногенератора, змішувача і насоса для подачі суміші. В барозмішувач ([рис.2.67](#)) спочатку заливається вода з піноутворювачем, потім подаються всі компоненти.



Рис.2.67. Пінобаробетонозмішувач швидкохідний

Після цього в барозмішувач компресором нагнітається повітря, створюючи тиск усередині 0,05...0,2 МПа (залежно від об'єму змішувача). Високошвидкісне перемішування під тиском протягом 0,5...3 хв. дозволяє отримувати пінобетон малої густини (від 150 кг/м<sup>3</sup>), однорідної структури без розшарування пінобетонної суміші по висоті. Отримання високоякісного пінобетону досягається за рахунок спеціальної конструкції робочого органу змішувача і кавітаційно-турбулентного режиму перемішування. Пінобетонна суміш, отримана в пінобаробетонозмішувачі, під тиском транспортується із змішувача до місця укладання у форми або монолітну конструкцію. Висота подачі суміші по вертикалі – до 30 м, по горизонталі – до 100 м. В момент укладання за рахунок перепаду тиску відбувається додаткове спінювання суміші.

**3. Суха мінералізація.** За цим методом пінобетонна суміш отримується при поєднанні *сухих компонентів з піною*, яка безперервно подається піногенератором. При цьому утворюється стійка пінобетонна суміш з малою кількістю вільної води. На поверхні пінних бульбашок осідають дрібні частинки твердої фази. Висока насиченість поверхнево-активною речовиною поверхні розділу "*повітряна пора – дисперсійне середовище*" зумовлює формування гладкої поверхні стінок пор. Такий метод використовується при безперервній технології виробництва пінобетону.

Принципова технологічна схема отримання виробів за різальною технологією з пінозолосилікату показана на [рис.2.68](#).

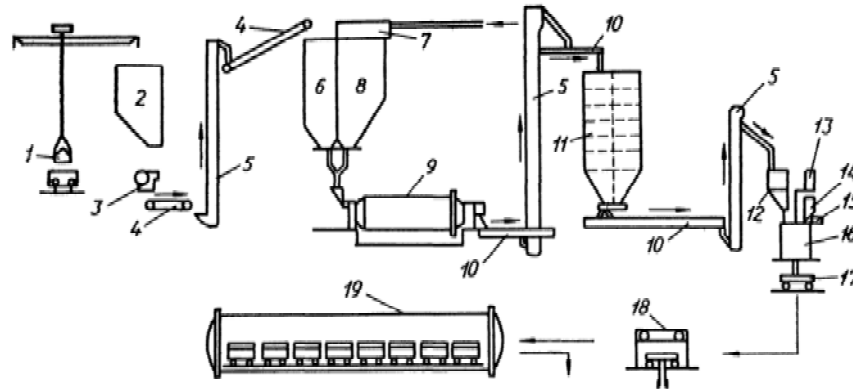


Рис.2.68. Принципова технологічна схема отримання пінозолосилікату:

1 – контейнер з негашеним грудковим вапном; 2 – бункер грудкового вапна; 3 – дробарка вапна; 4 – транспортер; 5 – елеватор; 6 – бункер з подрібненим вапном; 7 – уловлювач золи; 8 – бункер з золою; 9 – млин барабанний; 10 – шнек; 11 – бункер з золо-вапняною сумішшю; 12 – дозатор зо-ло-вапняної суміші; 13 – дозатор води; 14 – ємність з гіпсом; 15 – піноутворювач; 16 – змішувач; 17 – форма; 18 – різальна установка; 19 – автоклав

Після попереднього подрібнення вапно з бункера 6 і золу виносу з бункера 8 подають у млин 9 у співвідношенні приблизно 1:4,5 відповідно, а звідти – в бункер-збірник 11. З вагового дозатора 12 молота суха вапняно-зольна суміш надходить у змішувач 16, куди подають воду, гіпс і клеєканіфольну емульсію. Якщо це виріб, що не розрізається (панель, перемичка, плита), то бетон витримується 4...5 годин і може подаватися на тепловолугу обробку. Якщо це масив для подальшого розрізання на блоки, то для запобігання злипання розрізаних блоків і зменшення браку різання пінобетон повинен витримуватися 8...14 годин, після чого масив розрізають і направляють на автоклавну обробку.

### 2.5.5. Автоклавне твердіння ніздрюватих бетонів

Витримування і тверднення ніздрюватобетонних виробів перед автоклавною обробкою суттєво впливає на якість матеріалу, що пов'язано з фізико-хімічними процесами в цей період. Тривалість і температурно-вологісний режим цього періоду надзвичайно важливі, бо всі дефекти доавтоклавного тверднення (тріщини, порушення структури) в процесі запарювання не "заліковуються", а навпаки, підсилюються і розкриваються.

Автоклавна обробка виробів із ніздрюватих бетонів проходить при надлишковому тиску 0,8...1,2 МПа і температурі 170...188°C в середовищі насиченої або перегрітої водяної пари. Залежність тиску насиченої водяної пари від температури в автоклаві наведена на [рис.2.69](#).

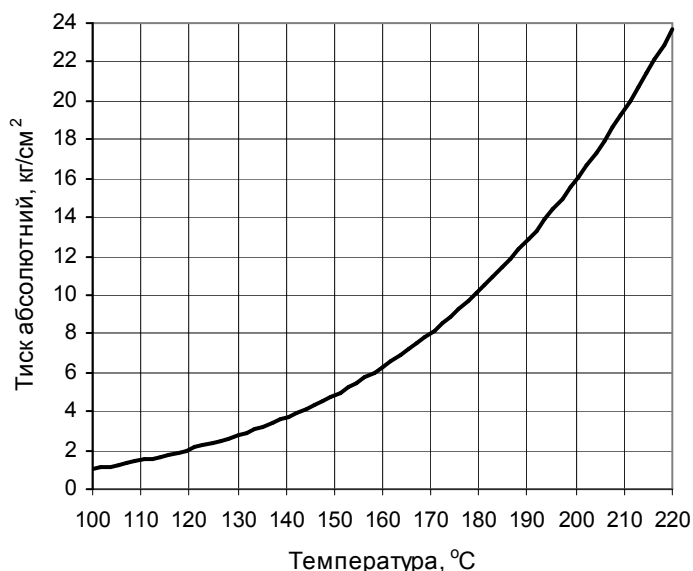


Рис.2.69. Залежність абсолютного тиску насиченої водяної пари від температури

У процесі автоклавної обробки можна виділити три основні періоди:

- підвищення температури і тиску до максимальних;
- ізотермічне прогрівання при максимальних параметрах;
- зниження температури і тиску.

Співвідношення  $CaO / SiO_2$ , при якому утворюються низкоосновні гідросилікати кальцію (основні носії міцності), знаходиться в межах 0,8...1,2. Таке співвідношення може скластися тільки в умовах автоклаву при підвищених температурах. Причина – в характері розчинності  $Ca(OH)_2$  та  $SiO_2$ . Максимальна розчинність  $Ca(OH)_2$  при  $+4^\circ C$ . Тому при підвищенні температури гідроксид кальцію поводить себе не зовсім типово – його розчинність у поровій рідині починає падати. А у кварцу – навпаки, як і у більшості сполук, розчинність з зростанням температури також зростає (рис.2.72).

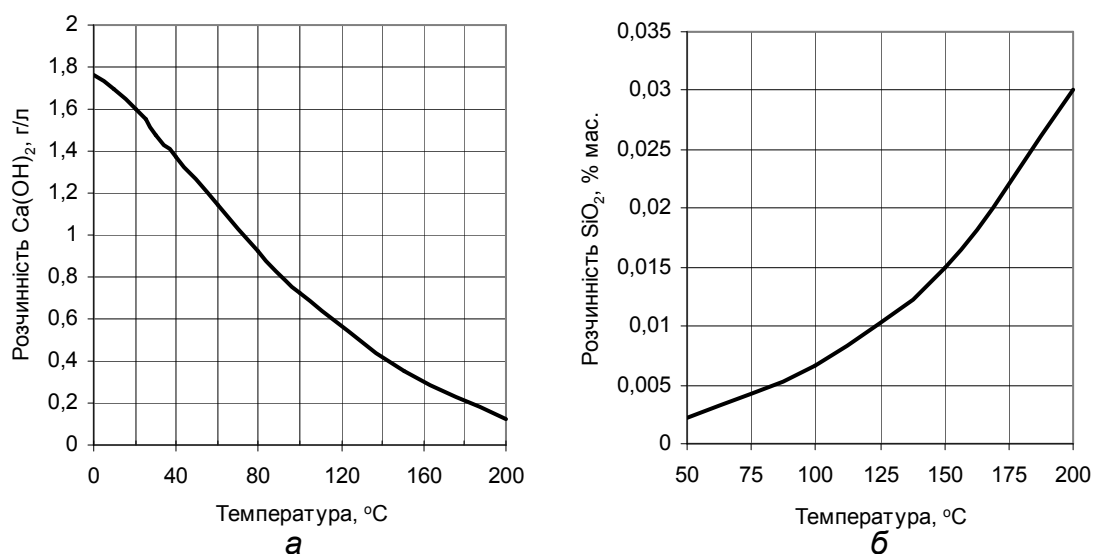


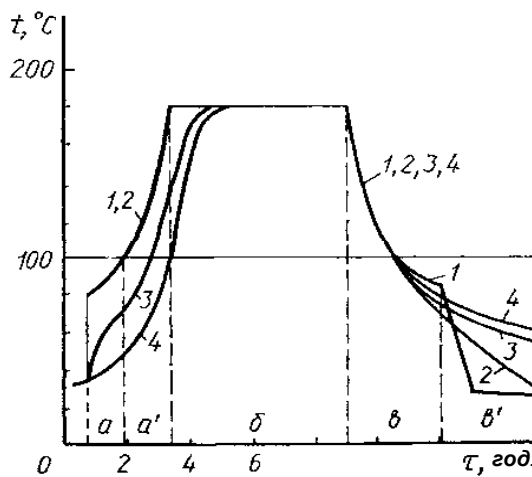
Рис.2.72. Розчинність гідроксиду кальцію (а) та кварцу (б) у воді залежно від температури



Так, наприклад, по мірі підвищення температури і тиску розчинність  $Ca(OH)_2$  в поровій рідині падає і при  $100^\circ C$  складає  $0,72$  г/л, при  $150^\circ C$  –  $0,35$  г/л, при  $200^\circ C$  –  $0,12$  г/л, а розчинність  $SiO_2$  – зростає (при  $160^\circ C$  –  $0,07$ , при  $200^\circ C$  –  $0,24$  г/л).

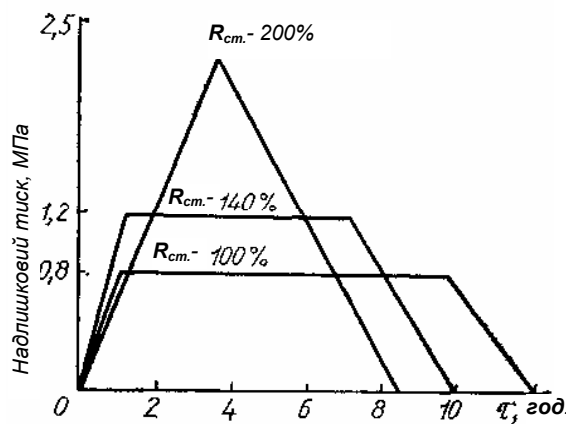
Це призводить до переважного утворення низькоосновних гідросилікатів кальцію типу  $CSH(B)$ , тобермориту і переходу високоосновних сполук, стійких при надлишку вапна, в низькоосновні при її нестачі. Чим вища температура в автоклаві та чим більш дисперсні частинки носія  $SiO_2$ , тим інтенсивніше протікає процес формування стабільних низькоосновних кристалічних гідросилікатів тоберморитової групи.

Приблизний графік загального режиму автоклавної обробки ніздрюватих бетонів наведений на [рис.2.73](#). Рациональні режими автоклавної обробки теплоізоляційних ніздрюватих бетонів наведені в [табл.2.20](#).



**Рис.2.73.** Періоди автоклавної обробки і розподіл температур за перерізом масиву:

1, 2 – температура середовища і поверхні відповідно; 3 – на  $1/4$  глибини; 4 – в центрі масиву;  $a-a'$  – підняття температури;  $б$  – ізотемічне витримування;  $в-в'$  – періоди зниження температури і тиску



**Рис.2.74.** Режими автоклавної обробки бетонів при різних тисках

Таблиця 2.20

Режими автоклавної обробки ніздрюватих бетонів густиною 200...600 кг/м<sup>3</sup>

Товщина виробу	Тривалість, годин,				Загальна тривалість, годин
	підняття тиску до 1 МПа	ізотермічне витримання	зниження тиску ступінчасто	вакуумування автоклаву	
200	1	5	1	1	8
300	1	5	1	1	8
600	1,5	8	1,5	1	12

---

### 3. СУЧАСНІ БУДІВЕЛЬНІ СИСТЕМИ

До сучасних будівельних систем можна віднести композиційні будівельні конструкції поліфункціонального призначення, які сполучують в собі високу якість виготовлення, сучасний дизайн, простоту монтажу, обслуговування і експлуатації, довговічність наряду з прийнятним співвідношенням якості і вартості.

Вони можуть відноситися до огорожувальних, опоряджувальних і оздоблювальних конструкцій. З найбільш відомих зараз таких систем це є:

- віконні і дверні системи;
- гіпсокартонні системи;
- підвісні стелі;
- світлопрозорі огорожувальні системи, в т.ч.:
  - фасадні системи;
  - зимові сади;
  - зенітні ліхтарі;
  - світлопрозорі перегородки;
- системи зовнішньої і внутрішньої теплоізоляції.

#### 3.1. Віконно-дверні системи

Вікна в спорудах займають біля 20% площі огорожувальних конструкцій, але через них втрачається до 50% тепла. Тому вдосконалення віконних і дверних систем є актуальною задачею. Ці системи являють собою пластикові, метало-пластикові, алюмінієві або дерев'яно-алюмінієві конструкції.

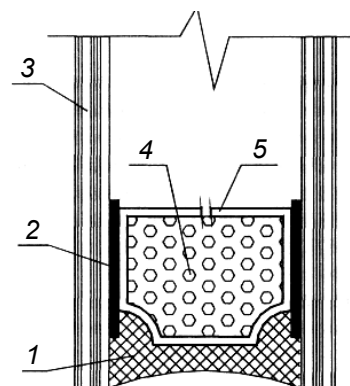
Основними частинами віконних і дверних систем являються:

- *склопакети,*
- *створки (рама) і коробка,*
- *уцілювачі,*
- *фурнітура (ручки, запори і т.п.).*

**Склопакети.** Одним із заходів по збереженню тепла при виготовленні склопакетів є використання, так званих **LowE (низькоемісійних)** плівок або покриттів.

Рис. 7.8. Конструкція “клеєного” склопакета:

1 – зовнішня герметизуюча мастика; 2 – внутрішній бутиловий герметик (стрічка або мастика); 3 – скло; 4 – осушувач (силікагель); 5 – дистанційна рамка (алюмінієвий або гальванізований сталевий профіль)



Застосування **низькоемісійних стекол** (теплових дзеркал) у конструкціях віконного і фасадного застакнення є одним із найбільш перспективних напрямів у світовій скляній індустрії.

Таке скло може бути використане для виконання таких функцій:

- **скорочення втрат тепла** приміщенням за рахунок відбиття теплових хвиль в інфрачервоному діапазоні;
- **відбиття сонячної радіації**;
- захист приміщень від **електромагнітного випромінювання** і радіохвиль;
- **відбиття випромінювання** у видимому діапазоні.

---

Напилювання може наноситися як на прозоре скло, так і на стекла, пофарбовані в масі, при цьому можливе одержання таких специфічних конструкцій як електрообігріванні стекла або “антистатичні” стекла (захищені від нагромадження статичної електрики).

---

Можуть бути застосовані **два типи покриття**, що принципово розрізняються за технологією нанесення, – **тверде і м'яке**.

1. **“Тверде покриття”** (“Hard coating” – англ.) на основі оксиду олова  $\text{SnO}_2\cdot\text{F}$ , яке називається ще **“напівпровідниковим покриттям”**. **Стекла з таким покриттям**, як правило, позначаються в спеціальній літературі **терміном “К-скло”**. Покриття наноситься **безпосередньо на одній зі стадій виробництва флюат-скла** (так звана технологія **“on-line”** – англ. “на лінії”) за рахунок хімічної реакції піролізу (розкладання речовини під дією високих температур). Під час цієї реакції шар оксиду олова осідає на поверхню гарячого скла, стаючи невіддільною його частиною. При цьому утворюється міцне металеве покриття, що має хімічну, механічну і термічну стійкість, рівноцінну склу без покриття. **Тверді покриття стійкі** до впливу погодних умов і витримують вплив температур до **620°C**.

Таким чином, **“К-скло” пропускає інфрачервоні (теплові) промені тільки в одному напрямку**. Тому при установці таких стекол треба уважно стежити, щоб **“К-покриття”** було звернено **усередину приміщення**. В іншому випадку інфрачервоне випромінювання буде легко виходити з приміщення і не надходити ззовні, наприклад від сонця, відбиваючись від скла.

---

2. **“М'яке покриття”** (“Soft coating” – англ.) на основі срібла – *Ag*, позначається в літературних джерелах як **“І-скло”**. **Покриття наноситься на готове флюат-скло** (технологія **“off-line”** – англ. “поза лінією”) і утримується на ньому силами молекулярної взаємодії. Складається з декількох тонких шарів, вибір яких залежить від необхідних характеристик засклення – випромінювальної здатності, світлопропускання, а також оптичних властивостей – усунення небажаного віддзеркалення – **“бліків”**.

На відміну від “твердих” покриттів, “м'які” обмежено стійкі стосовно погодних і температурних впливів. Однак, при установці в склопакеті – покриттям у бік повітряної камери, мають довговічність, порівняну з “твердими” покриттями.

Як треба розуміти деякі **позначення і шифри** віконних і дверних систем в документах і рекламних виданнях:

- наприклад, 4-16-4 - однокамерний склопакет з дистанційною рамкою 16 мм і два скла товщиною 4 мм;
- 4-10-4-10-4 - двохкамерний склопакет з двома дистанційними рамками 10 мм і три скла товщиною 4 мм;
- знак + або × на склі малюнку блоку вказує що вікно глухе, не відчиняється;
- знаки ^, v, <, > - вказують на систему (напрямок) відкривання рам вікна.

---

**Загартування скла** виконується з метою безпеки і у відповідності і з вимогами нормативних документів при установці пакетів у вікна, які монтуються починаючи з **четвертого поверху** і вище. До **четвертого поверху** в пакетах використовується **незагартоване скло**.

---

**Коробки, створки.** Матеріалом для їх виготовлення є метал (профіль з алюмінієвих сплавів), склопластик, полівінілхлорид, деревина (суцільна, або багатошарова, комбінована).

**Метало-пластикові та алюмінієві рами** і коробки виробляються з **пустотного профілю** достатньо складної форми,

**а дерев'яні** - з **клеєної** в декілька шарів або цільної одношарової **деревини**, обробленої спеціальними композиціями для надання їм водо- і біостікості.

Еластичні ущільнювачі вставляються в спеціальні пази.

---

Фурнітура та інше. Це найрізноманітні ручки, запори, системи відкриття і закриття вікон (автоматичні, механічні, електричні), антипанікові та протизламні системи.

Підвіконні дошки можуть виготовлятися цілком з пластмаси (ПВХ, твердої піни) або з деревини, покритої декоративним пластиком.

---



Рис. 9.1. Фурнітура для алюмінієвих віконно-дверних систем від SAVIO

Вікна і двері можуть додатково комплектуватися найрізноманітнішими системами жалюзі (від світла, холоду і шуму, для безпеки), ставень, протимоскітних сіток, дверними панелями, коробками для підвішування портьер і т.п.

---

Основні показники і вимоги до віконно-дверних систем:

- достатня жорсткість і міцність;
- опір теплопередачі - : 0,58–0,71;
- зниження шуму від міського транспорту - на 30-35 Дб;
- точка роси - не вище  $-50^{\circ}\text{C}$ .
- кількість камер у склопакеті для обпалювальних приміщень - не менше двох;
- гарантії якості для умов експлуатації України, Росії - 10-15, але не менше 5 років;
- швидкість втрат аргону із склопакетів - 0,1-0,7% за рік;

Зараз в Німеччині прийнята **3-я програма** по енергозбереженню, відповідно якої звичайні склопакети у вікнах будуть замінятися на нові з **коефіцієнтом термічного опору не нижче 0,9 м<sup>2</sup> °С/Вт** - для однокамерних і **2,5 м<sup>2</sup> °С/Вт** - для двокамерних склопакетів.

\* \* \*

## 3.2. Гіпсокартонні системи

Гіпс – давно відомий людству в’яжучий матеріал з чудовими будівельними і екологічними властивостями. Він не має запаху, не виділяє шкідливих для людини речовин. Завдяки **великій кількості пор, надмірна вологість вбирається з повітря і віддається, коли повітря стає сухим**. Гіпс **не горить**. Будівельні матеріали з низкою теплопровідністю (гіпс, дерево і т.п.) сприймаються як теплі і затишні.

Основою гіпсокартонних систем є, власне, **гіпсокартонні плити** (суха штукатурка), а також **системи їх монтажу** і кріплення (дюбелі, саморізи, рейки, клеї), **утеплювачі**, інші витратні матеріали (ізоляційні і ущільнюючі стрічки, гідроізоляція, шпаклівки, затирки, фарби, обої і т.п.).

**Типи і розміри плит для облицювання стін.** Найбільш характерні розміри - **1250×(2000-3000)×(9,5-12,5)** мм. Плити можуть бути виконані у **звичайному і вологостійкому** варіантах. Для їх виготовлення використовуються високоякісний цупкий папір і гіпс.

З метою поліпшення теплоізоляції зовнішніх стін застосовуються **комбіновані гіпсокартонні плити** (наприклад фірм "Rigips", "Knauf") товщиною **12,5 мм** в поєднанні з **твердим пінопластом** з полістиролу або **мінеральною ватою**. **Комбіновані плити** можуть поставлятися **двох стандартних розмірів 260×120 см або 275×120 см** з різною товщиною теплоізоляційного матеріалу (20...60 мм).

Найбільш **типові варіанти використання** гіпсокартонних систем - це:



- облицювання стін,
- створення перегородок,
- організація стель,
- обшивка несучих і опорних конструкцій,
- сухі безшовні гіпсокартонні підлоги.

### Облицювання стін може виконуватися :

- **сухим способом**, коли плити прикріплюються безпосередньо до монолітної основи за допомогою клею;
- за допомогою **монтажу плит на каркас** з рейок (дерев'яних або металевих), особливо коли основа не є несучою. Для вирівнювання нерівної поверхні стіни можна використовувати гіпсокартонні рейки, вирізані з плит і прикріплені до стіни. Рейки можуть кріпитися до стін за допомогою клею або дюбелями.

---

Під час облицювання гіпсокартонними плитами у поєднанні з **теплоізоляційними матеріалами** треба обов'язково встановлювати **гідроізоляційне загородження** для запобігання утворенню **конденсату**.

---

**Перегородки.** Їх монтаж найчастіше виконується з використанням **металевого каркасу** з кроком несучих рейок 50-60 см. Альтернативою може служити дерев'яний каркас, зроблений з **стійок** розміром **6×6 см**. **Порожини цих стін** є ідеальними для раціонального здійснення **монтажу** будь-яких **комунікацій** (електричних, телефонних, водопровідних, каналізаційних і т.п.). Спосіб монтажу гіпсокартонних стін/перегородок з металевим каркасом наведено на рис.2.49.

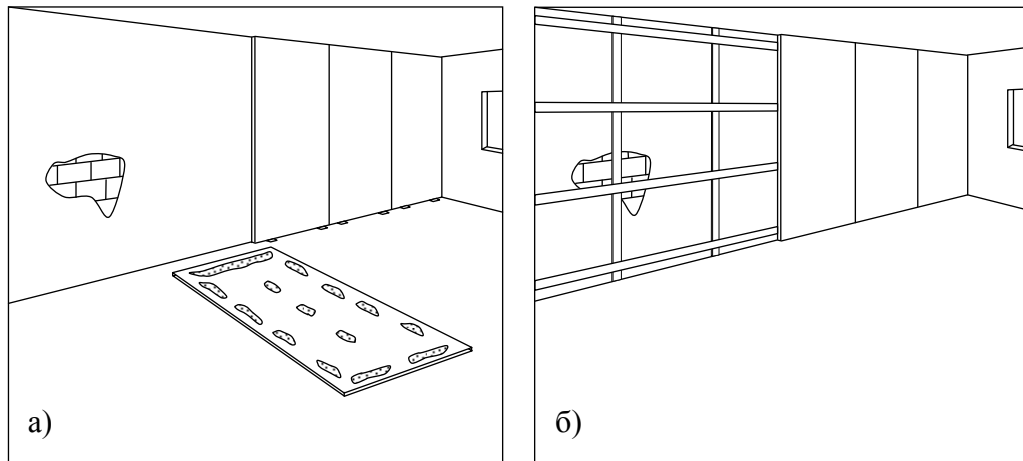


Рис. 2.48. Способи монтажу гіпсокартонних плит на стіні  
 а) безкаркасний (клеєвий); б) каркасний

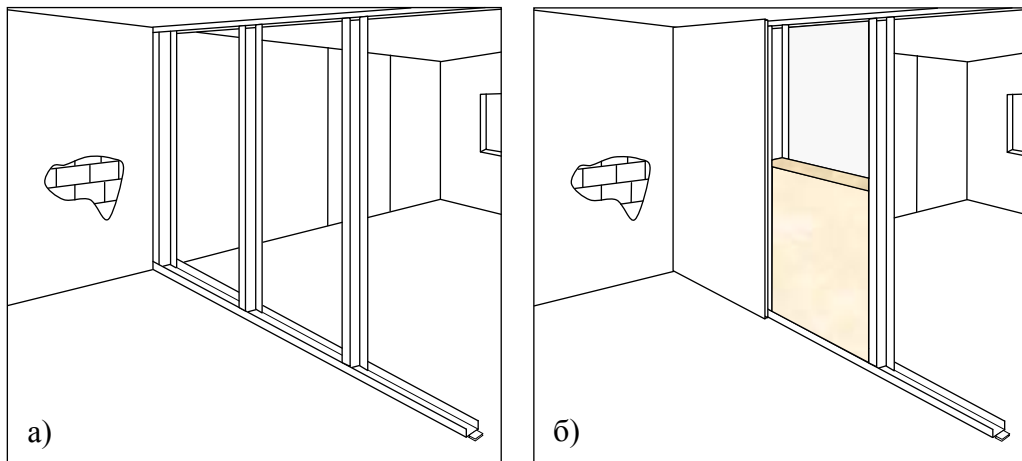


Рис. 2.49. Монтаж гіпсокартонних плит на металевий каркас перегородки:  
 а) монтаж металевого каркасу з профілів;  
 б) монтаж перегородки з утеплювачем

При необхідності виконання стін і перегородок **вигнутої форми** використовуються спеціальні **гнучкі гіпсокартонні плити** товщиною 6 мм, армовані скловолокном. Або використовуються лекала, по яким поступово і акуратно вигинається попередньо зволожена плита.

	<p>Одинарна перегородка з металевим (дерев'яним) каркасом.</p> <p>Одинарна обшивка.</p> <p>Вага біля 26 кг/м<sup>2</sup></p>
	<p>Подвійна перегородка з металевим (дерев'яним) каркасом. Подвійна двохстороння обшивка. Вага біля 53 кг/м<sup>2</sup></p>
	<p>Перегородка між квартирами.</p> <p>5-шарова обшивка.</p> <p>Вага біля 65 кг/м<sup>2</sup></p>

Рис. 2.50 – Типи структур стін на основі гіпсокартону

При обшиванні стін у приміщеннях з підвищеною вологістю повітря при експлуатації (наприклад у ванних кімнатах) використовується водостійкі гіпсокартонні плити, які попередньо були спеціально оброблені. Кутові з'єднання треба ретельно ізолювати спеціальною ущільнюючою стрічкою, а наклеювання керамічної плитки виконувати з використанням спеціальних гідрофобних клеїв.

### Стелі із стандартних гіпсокартонних систем.

- Розрізняють:
- а) *гіпсокартонні стелі і*
  - б) *підвісні гіпсокартонні стелі.*

*Гіпсокартонні стелі* – це облицювальні плити на рейковому каркасі, прикріпленому безпосередньо до монолітної стелі. Разом з безшовними плитами великого формату можна використовувати гіпсокартонні касети, які дозволяють створювати різні оптичні ефекти.

Для обшивки використовуються плити великого формату, товщиною 9...12,5 мм. Відстань між монтажними рейками біля 50 см.

*Підвісні гіпсокартонні стелі* – це облицювальні плити на рейковому (дерев'яному) чи металевому каркасі, підвішеному до монолітної стелі. Вони використовуються для зменшення висоти приміщення або здійснення прихованого монтажу в порожнині стелі. Окрім того, підвісні гіпсокартонні стелі можна ізолювати мінеральною ватою. Обшивка – плити великого формату, товщиною 9...12,5 мм. Підвісна система – підвісні струни з петлями довжиною 0,125-1,0 м. Схема підвісної гіпсокартонної стелі наведена на рис.2.51.

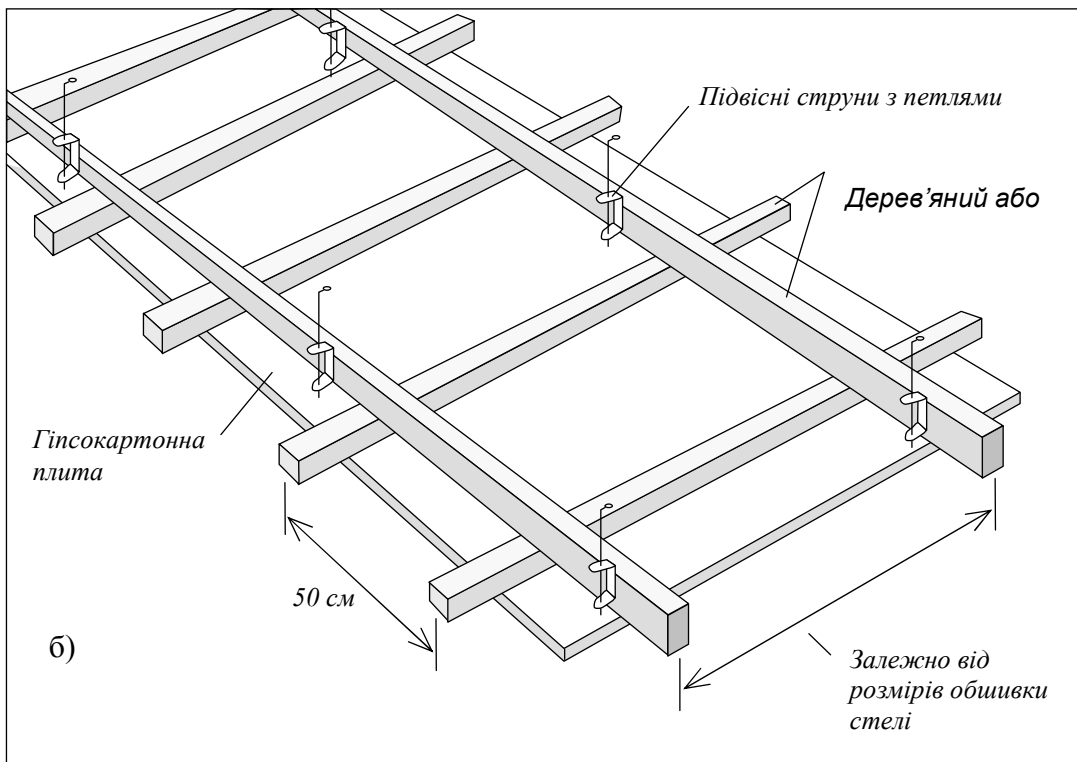
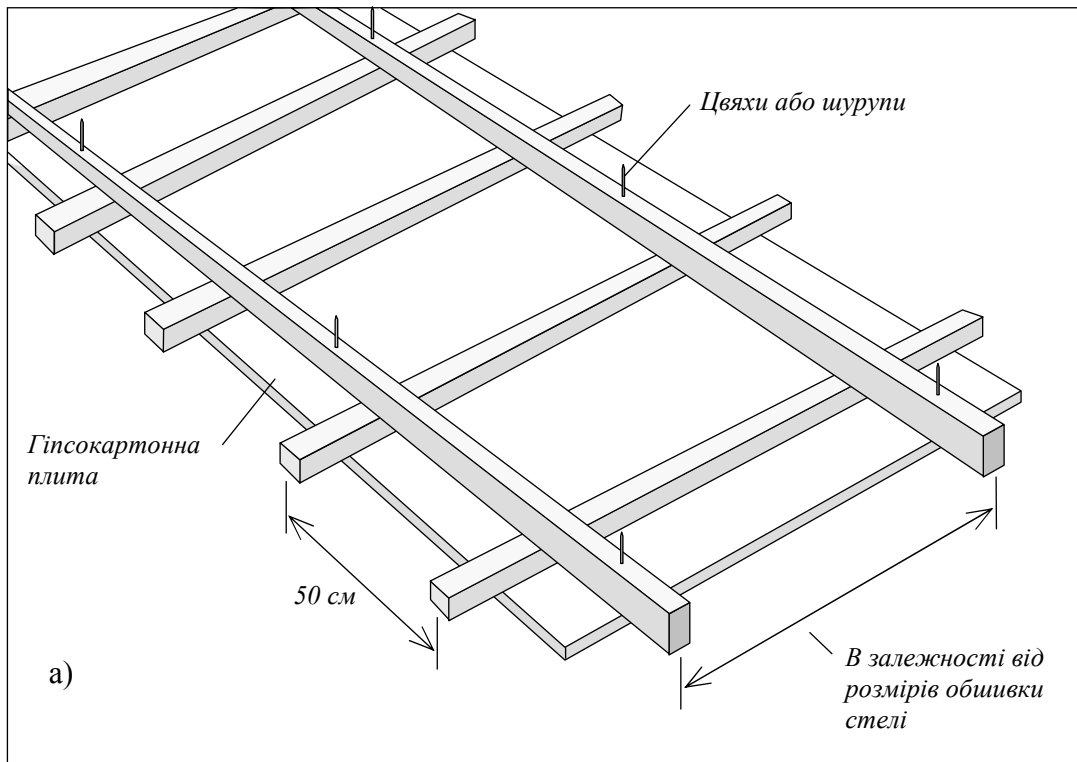


Рис. 2.51 – Схема звичайної (а) і підвісної (б) гіпсокартонної стелі

Обшивка несучих та опорних конструкцій за допомогою гіпсокартону.

Використовуються спеціальні вогнетривкі плити марок F-30-F180, які мо-

жна використовувати для обшивки сталевих несучих і опорних конструкцій (рис.2.53).

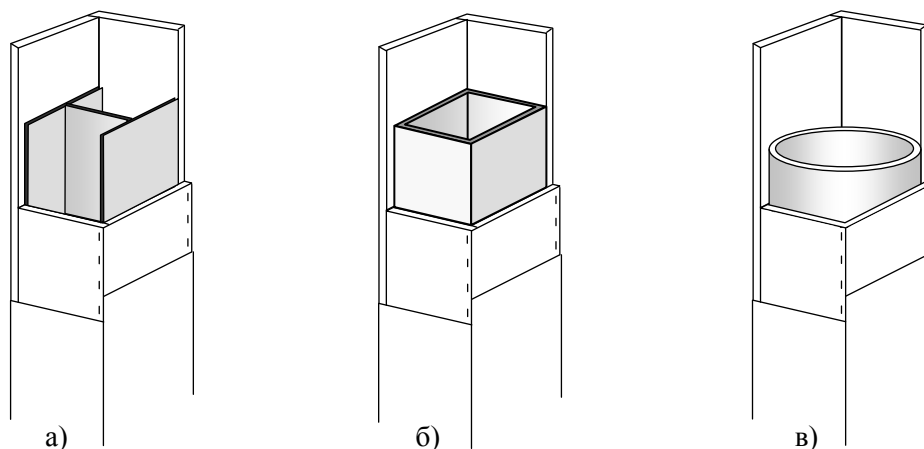


Рис. 2.53 – Обшивка несучих конструкцій гіпсокартоном

- а – катаний профіль (двотавр);
- б – квадратний та прямокутний пустотілий профіль;
- в – круглий пустотілий профіль

Завдяки високій механічній міцності вогнетривких гіпсокартонних плит товщиною 15, 20 або 25 мм – армованих прошарком скловолокна – забезпечується достатньо надійне з'єднання гвинтами або просмоленими скобами торцевих граней плити. Обробка швів виконується за допомогою шпаклівок і спеціальних стрічок.

---

Суха безшовна гіпсокартонна підлога. Придатна для використання в житловому будівництві, а також як підлога зі звичайним навантаженням в офісних і адміністративних будівлях. Найчастіше використовується при реставрації і ремонту старих підлог. Добре зарекомендувала себе при організації підлог при дерев'яному балковому перекритті. При цьому значно поліпшується тепло- і звукоізоляція між поверхами, підлога вже не скрипить. Схема виконання таких підлог наведена на рис. 2.53.

### *Технологія виконання гіпсової підлоги:*

- підготовка старої підлоги – ремонт, вирівнювання підлоги; укладання поліетиленової плівки;
- укладання уздовж стіни по периметру кімнати ізоляційної стрічки товщиною 1 см і шириною 10 см, щоб уникнути ефекту “мікрофону”;
- укладка першого основного шару гіпсокартонних плит товщиною 12,5 см. Вони щільно укладаються без застосування клею поверх сишкої маси із зміщенням стиків не менш як на 20 см;
- укладання другого шару спеціальних гіпсокартонних плит товщиною 12,5 см як облицювального елемента. Облицювальні елементи з’єднуються з основними за допомогою клею і укладаються поперек основних також із зміщенням не менше 20 см.

Вирівнювання підлоги при нерівностях 5 мм виконується за допомогою проміжного шару, такого як гофрований папір, волокнистий ізоляційний матеріал і т.п.

Основний та облицювальний елементи виготовлені з гострими кантами для більш точного припасування.

Суха безшовна підлога з гіпсу існує у вигляді плит зручного формату 60×200 см.

### 3.3. Підвісні стелі

Це прямокутно-гніздова підвісна металева система з вставленими в гнізда декоративними плитами.

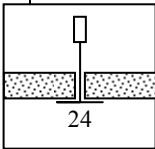
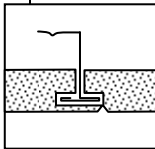
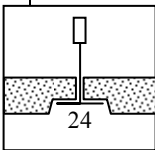
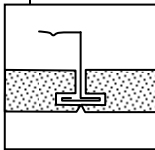
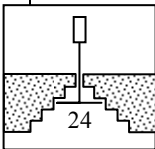
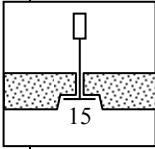
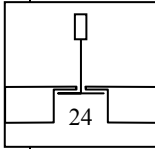
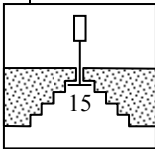
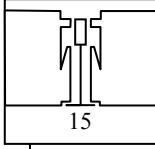
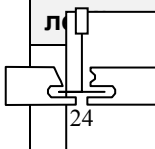
ВИДИМА ПІДВІСНА СИСТЕМА ШИРИНОЮ 24 мм (підвісні плити – неметалеві)		СХОВАНА ПІДВІСНА СИСТЕМА (підвісні плити – неметалеві)	
	MINABOARD 600 × 600 мм 600 × 1200 мм		SL2 300 × 1200 мм 300 × 1500 мм 300 × 1800 мм 300 × 2500 мм
	TEGULAR 600 × 600 мм 600 × 1200 мм		K2C2 300 × 1500 мм 300 × 1800 мм 300 × 2500 мм  K4C4 300 × 300 мм
	TEGULAR 600 × 600 мм 600 × 1200 мм	<b>ВИДИМА ПІДВІСНА СИСТЕМА ШИРИНОЮ 15, 24 мм (підвісні плити – металеві)</b>	
	MICROLOOK 600 × 600 мм		ORCAL TEGULAR 600 × 600 мм 600 × 1200 мм
	MICROLOOK 600 × 600 мм		CELIO C 600 × 600 мм
		<b>НАПІВСХОВАНА ПІДВІСНА СИСТЕМА ШИРИНОЮ 24 мм (підвісні плити – металеві)</b>	
			ORCAL AXAL 600 × 600 мм 600 × 1200 мм

Рис. 2.55 – Схеми основних типів підвісних систем для неме-

Сама підвісна система може бути видимою, напівсхованою і схованою. Схеми основних типів підвісних систем показано на рис.2.55. Найбільш типові розміри підвісних плит: 30×30, 60×60 і 60×120 см.



Матеріал для виготовлення декоративних плит може бути найрізноманітний: мінеральні волокна, гіпс, деревинні волокна і шерсть, пластик, гальванізована сталь, анодований алюміній і т.п.

В залежності від схеми підвісної системи (видима, напівсхована і схована), края плит можуть калібруватися по різним варіантам.

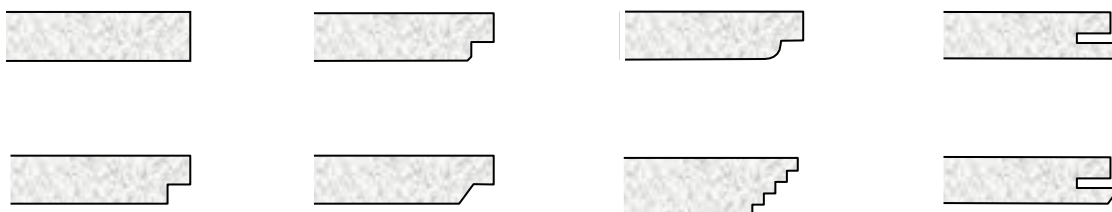
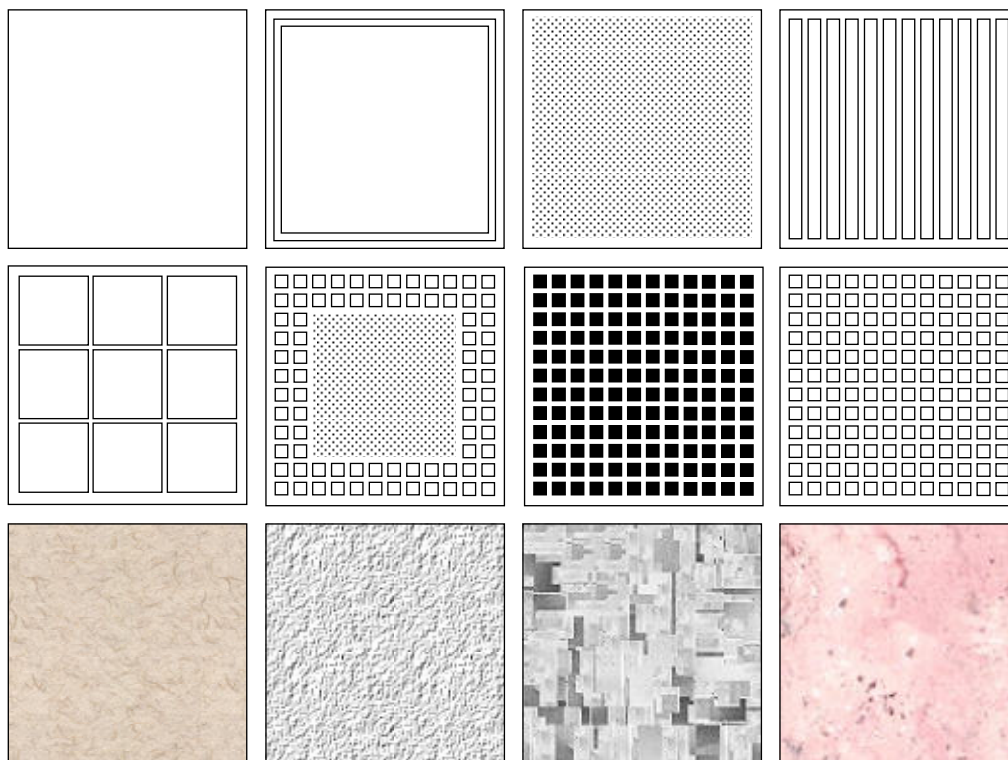


Рис.2.56 – Основні типи калібрування країв неметалевих плит підвісних стель

Плити можуть мати гладку поверхню, шорстку, з найрізноманітним малюнком текстури, з отворами різної форми, з широкою гамою кольорів і відтінків.



Малюнок 2.57 – Типи поверхні плит підвісних стель

За типом текстур поверхні плит і їх призначенню можна розділити на:

- гладкі;
- текстуровані;
- декоративні;
- спеціальні;
- металеві;
- з відкритими крупними секціями

*Текстуровані* мають шорстку поверхню, з вкрапленнями різного кольору.

*Декоративні* мають рельєфний малюнок як правило правильної форми, поверхня може бути гладкою або шорсткою.

*Гладкі, текстуровані і декоративні* плити, як правило, експлуатуються при вологості повітря 70-90%.

*Спеціалізовані стелі* використовуються, наприклад, при підвищеній вологості експлуатації ( $W=90-100\%$ ), коли потрібна підвищена *вогнестійкість*, хороша *акустичність*, *удароміцність*.

---

### 3.4. Фасадні системи

Під фасадними системами розуміють системи віконних профілів, спеціально розроблених для створення суцільного засклення як на окремих ділянках фасаду будинку, так і по всій його площині. При цьому всі фасадні системи містять у собі групу спеціальних профілів для світлопрозорої покрівлі, виконаної зі скла або прозорого пластику.

За своїм конструктивним рішенням, технологією зведення і способом створення архітектурної композиції фасадні системи поділяються на:

- стандартні;
- структурні;
- напівструктурні;
- спайдерні.

**Стандартні фасади (рис.6.8)** характеризуються наявністю *вираженого заелементного членування*. Це значить, що зовнішня площина начіпних ригелів та стійок виходить за площину застібання і добре помітна.

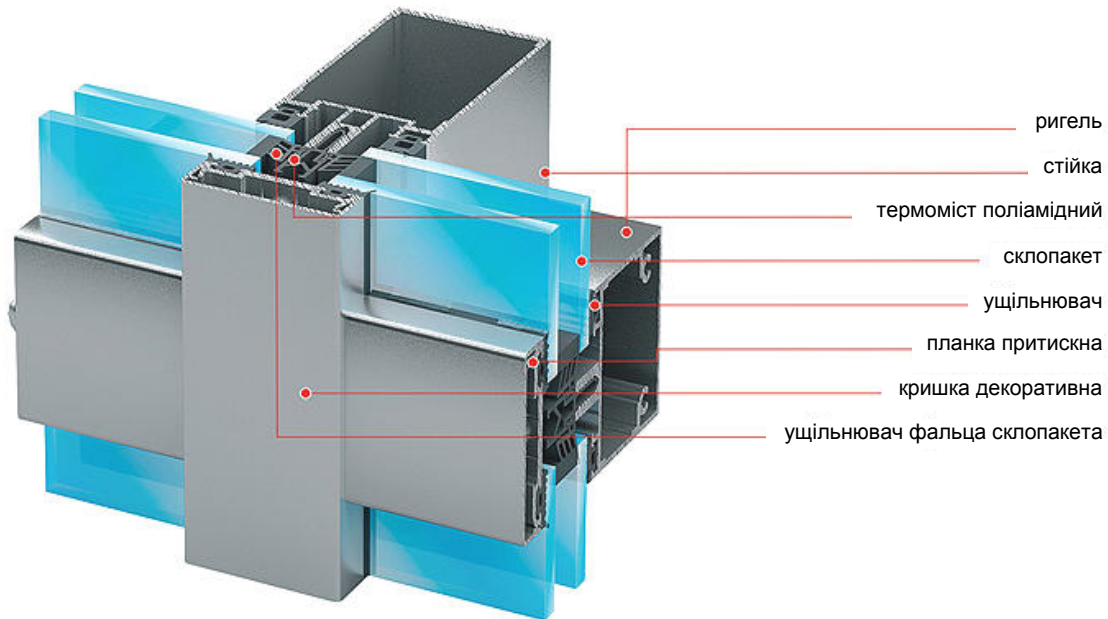


Рис.6.8. Стандартна класична фасадна система з алюмінієвих профілів

**Структурні фасади (рис.6.9)** являють собою складні конструктивні системи, основною ідеєю яких є створення *суцільної гладкої поверхні застібання* з мінімально вираженим членуванням.

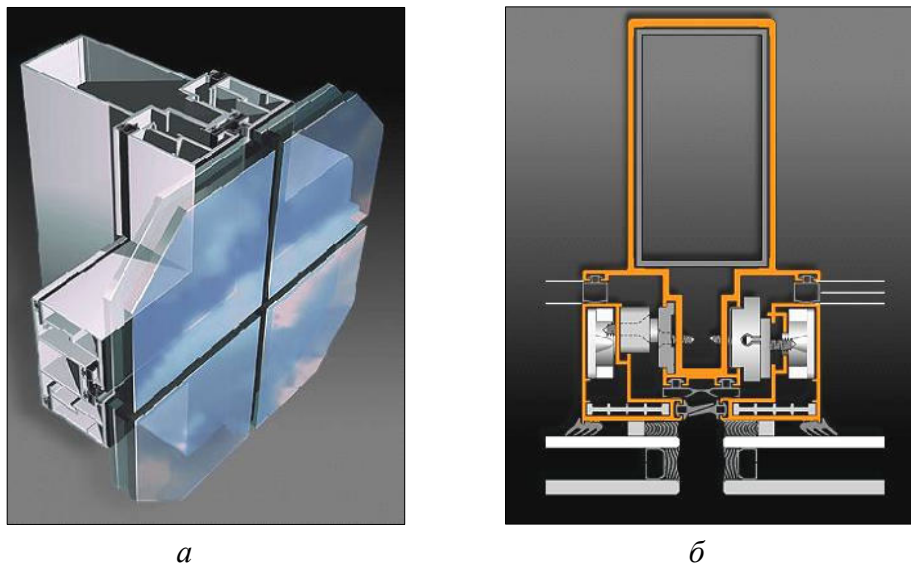


Рис. 6.9. Структурна фасадна система:  
*а* – загальний вигляд; *б* – вертикальний переріз, вид згори

**Напівструктурні фасади (рис.6.10)** займають відповідно проміжну позицію і поєднують у собі як архітектурні, так і конструктивні риси стандартних і структурних фасадів. Напівструктурний фасад відрізняється

наявністю видимих алюмінієвих кромок, що забезпечує захист крайових ділянок склопакету.

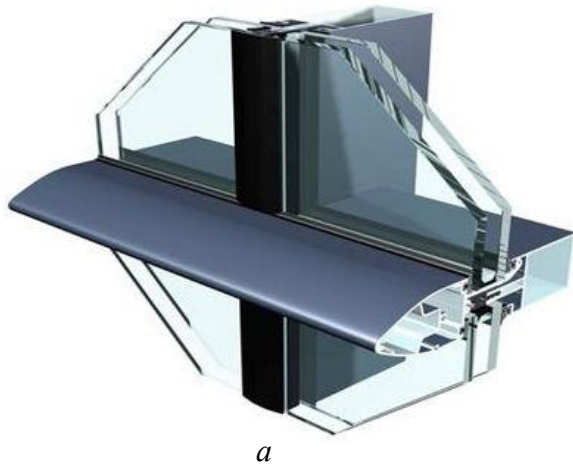


Рис.6.10. Напівструктурна система застосування фасадів:  
а – з горизонтальним видимим ригелем; б – з вертикальною видимою стійкою

### **Спайдерна (планарна) система (рис.6.11)**

Спайдерний тип скляних конструкцій – одна з останніх нових розробок в області скління фасадів.

Основні риси системи:

- відсутність рам і перегородок;
- оригінальна система кріплення – металеві кронштейни з нержавіючої сталі – "спайдери", які виконують також важливу функцію декоративного елемента всієї світлопрозорої конструкції;
- ідеальна прозорість фасаду.



Рис.6.11. Спайдерна система скління фасадів

### 3.4. Зимові сади

Під сучасним поняттям "зимовий сад" розуміють приміщення, утворене легкими світлопрозорими конструкціями стін і покрівлі, яке прибудоване до будинку, займає площу на його верхніх поверхах або стоїть окремо.



*a*



*б*

Рис.6.12. Зимові сади. Зимовий сад, прибудований до індивідуального житлового будинку, загальний вигляд (*a*). Окремо збудований зимовий сад, вигляд з середини (*б*)

### 3.6. Зенітні ліхтарі

Зенітні ліхтарі – це світлопрозорі огорожувальні конструкції, призначені для освітлення приміщень падаючими зверху променями сонячного світла.

Зенітні ліхтарі в середньовіччі застосовувалися ще й як архітектурний і функціональний елемент. Кожен міг бачити їх коли бував в кафедральних соборах.

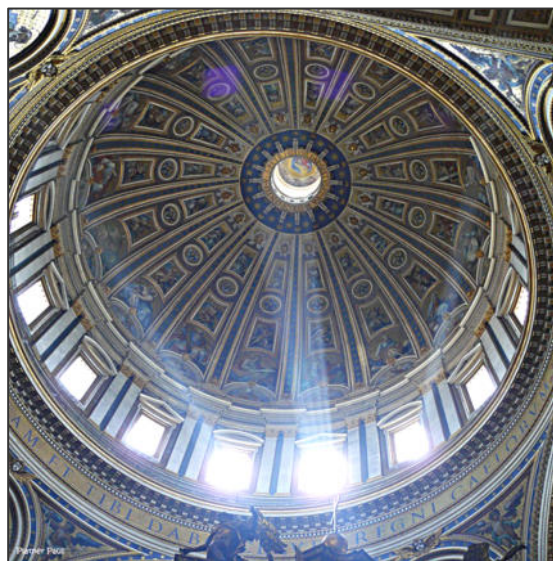
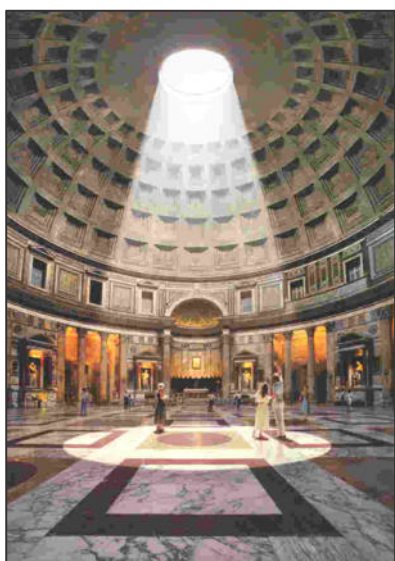


Рис.6.14. Зенітні світлові ліхтарі в стародавніх культових спорудах

### Сучасні зенітні ліхтарі

Конструкція зенітних ліхтарів є самонесучим каркасом. Виробляють його зазвичай з легких матеріалів, наприклад, алюмінію. Останнім часом цей пристрій дуже зацікавив дизайнерів і з'явилися ліхтарі у вигляді куполів, пірамід, арок і тому подібне (рис.6.15).

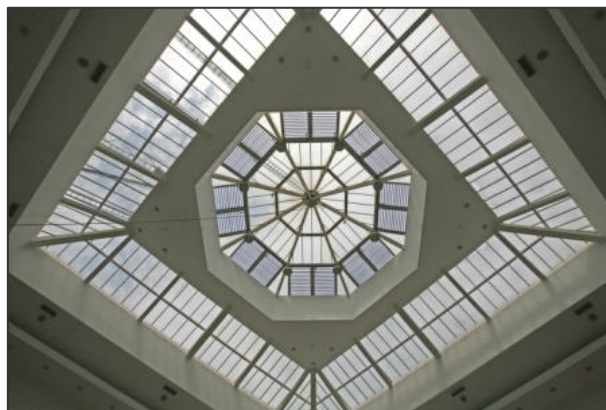


Рис.6.15. Сучасні зенітні ліхтарі в громадських спорудах



В промислових спорудах вони здатні значно покращити умови праці та їх зовнішній вигляд (рис.6.16).

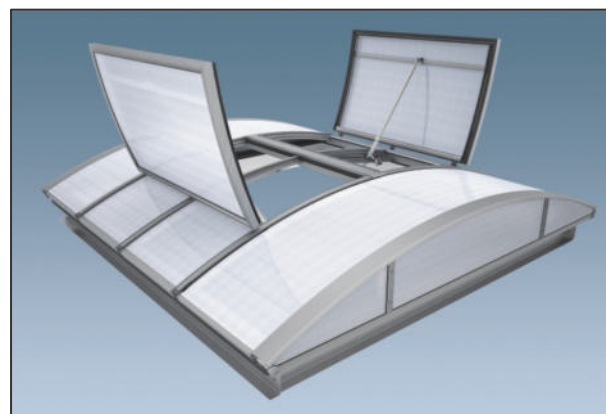
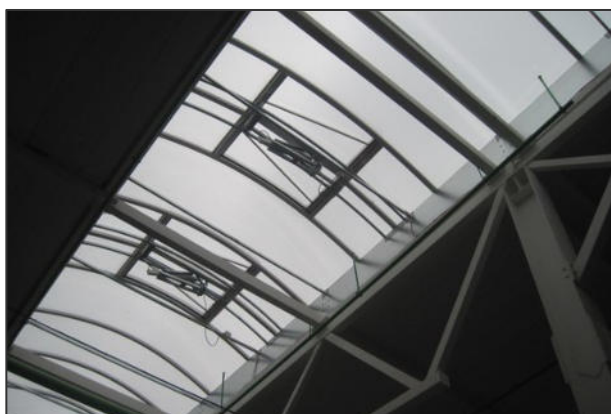


Рис.6.16. Сучасні промислові зенітні ліхтарі

### 3.7. Світлопрозорі перегородки

Світлопрозорі перегородки, хоча і є стіновими конструкціями, але відносяться до групи вітражних конструкцій за конструктивною схемою і характером сприйманих навантажень. Такі перегородки можуть встановлюватися в будь-якому приміщенні, де за задумом архітектора необхідно зберегти єдиний обсяг, сприйманий зором, при цьому функціонально розділений на дві або більше частин.

В даний час на українському ринку, в основному, знайшли застосування найбільш прості рішення, пов'язані з установкою світлопрозорих перегородок у невеликих приміщеннях адміністративних будівель, за рахунок чого вони отримали назву "офісних перегородок" (рис.6.18).



Рис.6.18. Приклад установки світлопрозорих перегородок у приміщенні:

*a* – типовий план офісу;  
*б* – перегородка по лінії Е-Е;  
*1-9* – вузли з'єднань; *A-A* – перегородка до стелі; *B-B* – двері; *C-C* – бар'єрна перегородка (не до стелі)

Зовнішній вигляд однієї з офісних перегородок та її будову показано на рис.6.19.



*a*



*б*

Рис.6.19. Офісні перегородки системи P100 OFFICE компанії ALUMIL (Греція):

- a* – загальний вигляд та переріз;
- б* – зовнішній вигляд бар'єрних перегородок та перегородок до стелі

Принципова відмінність "офісних перегородок" від усіх інших видів за-  
 склення полягає в тому, що вони є *внутрішніми огорожувальними кон-  
 струкціями*. До них не висуваються вимоги щодо теплозахисту, повітряне-  
 проникності і стійкості до атмосферних впливів. Для них не нормується  
 коефіцієнт світлопропускання  $\tau$ , а вимоги щодо світлопрозорості, як такі,  
 цілком визначаються дизайнерськими рішеннями інтер'єру і протипожеж-  
 ними нормами.



### 3.8. Системи утеплення

Напевно вже неможливо достеменно сказати де і коли виникла ідея утеплювати житло як об'єкт в цілому, але вже з давніх часів застосовувалися легкодоступні матеріали, які в подальшому стали прототипом сучасних систем.

Ідея утеплення була підказана людству як оригінальний засіб збереження тепла, оскільки стародавнє житло було примітивним і потребувало велику кількість палива, що не завжди можна було забезпечити.

В Україні з давніх часів виготовляли очеретяні та кукурудзяні мати, які притулялися до стін і слугували своєрідним захистом від вітру і морозу та одночасно зберігали внутрішнє тепло (рис.6.20).



Рис.6.20. Українська хата з зовнішнім утепленням з очерету

В сучасному суспільстві заощадження енергії продиктовано постійним зростанням вартості палива. А бажання жити у комфортному житлі змусило людство знаходити ефективні шляхи оптимізації витрат енергії.

#### 6.2.2 Загальні поняття

*Зовнішня система теплоізоляції (ЗСТІ) – це комплекс спеціально призначених матеріалів та відповідних до них видів робіт, які поєднуються шляхом їх безпосереднього застосування на будівельному об'єкті згідно з відповідним технологічним регламентом, яким декларуються теплофізичні та оздоблювальні функції будівлі, та подальшим доглядом за системою в процесі її експлуатації.*

Отже, очевидно, що у відповідь на потребу максимального збереження теплоти всередині будівлі з'явилися ефективні комплекси, які являють собою теплозахисні системи, до яких в загальному вигляді входять енергоефективні матеріали та комплектуючі елементи. Рис.6.22 демонструє ефективність роботи такої системи – тепловізор фіксує біло-жовто-червоним кольором зони найбі-

льшої втрати теплоти, а зелено-синім ті ділянки, які не втрачають теплоту за рахунок системи теплоізоляції.

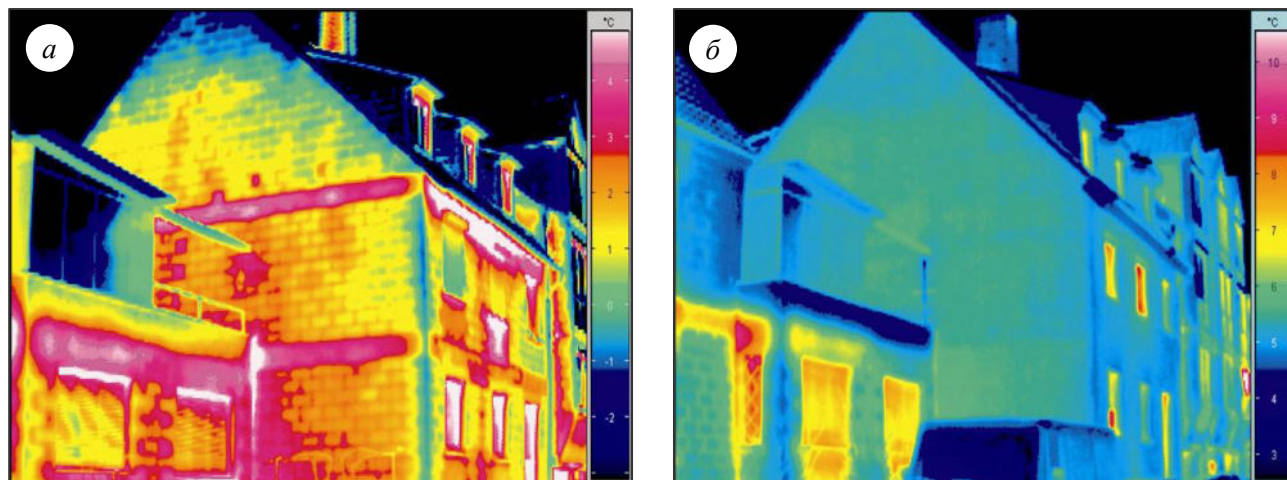


Рис 6.22. Фотографія будинку тепловізором до (а) та після (б) теплової модернізації.

Важливим фактором ефективної участі ЗСТІ в забезпеченні комфортного перебування в приміщенні є формування "точки роси" в середині шару утеплювача. Як свідчить [рис.6.23 \(а\)](#), в не утепленій стіні точка роси знаходиться в огорожувальній конструкції, тому внутрішня поверхня стіни має недостатньо високу температуру, що сприяє утворенню конденсату та розвитку плісняви.

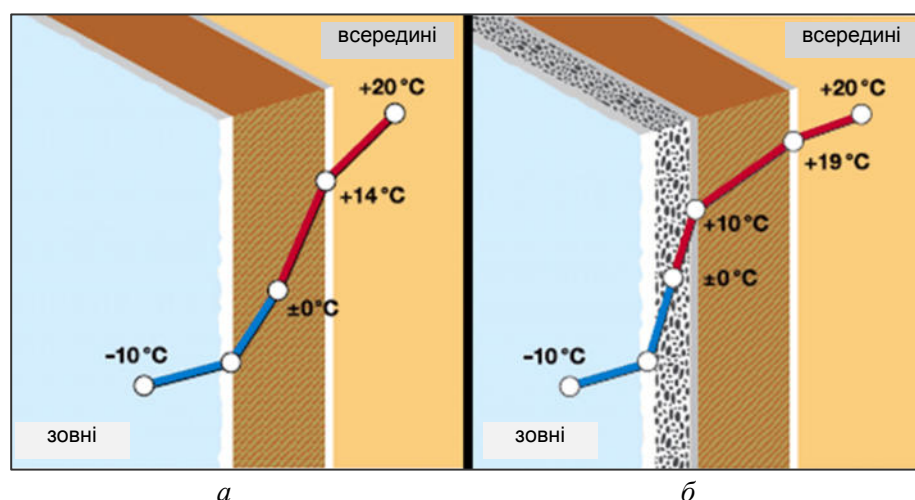


Рис.6.23. Схематичний вплив наявності утеплювача на зміну формування точки роси: *а* – без утеплювача; *б* – з утеплювачем

У випадку, коли "точка роси" знаходиться в шарі утеплювача ([рис.6.23, б](#)), стінова конструкція залишається сухою і має більш високу температуру внутрішньої поверхні, що сприяє комфортності ([рис.6.24, а, б](#)).

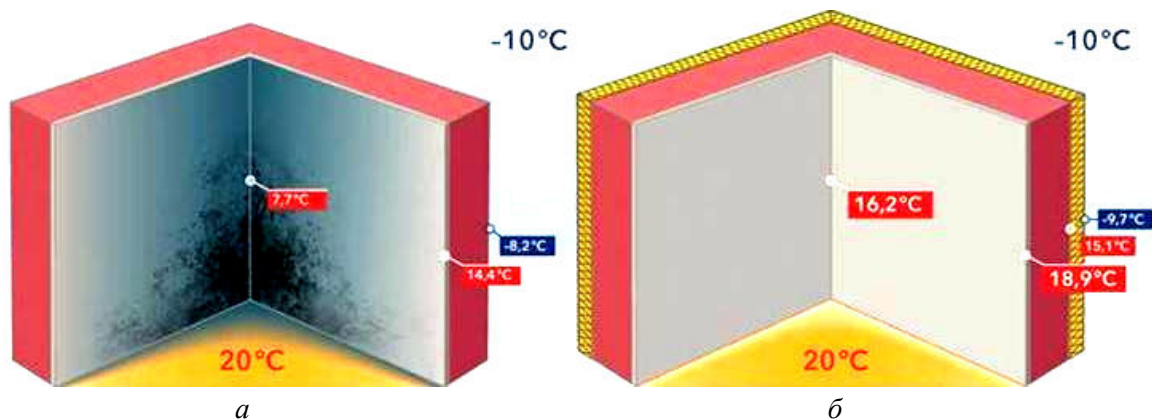


Рис.6.24. Наявність плісняви на внутрішній поверхні до влаштування ЗСТІ (а), та її відсутність після влаштування ЗСТІ (б)

На ринку систем утеплення присутні два принципово різних але однакових за метою способи влаштування стінової теплоізоляції:

- система зовнішньої скріпленої теплоізоляції (ЗСТІ);
- система вентильованих фасадів (СВФ).

Перший спосіб базується на її влаштуванні методом жорсткого і поетапного кріплення один до одного складових елементів самої системи і до основи. В результаті такого поєднання система працює разом з фасадом, як єдина конструкція.

Другий спосіб базується на влаштуванні системи з утворенням спеціальних вентиляційних каналів для циркуляції повітря. Цей метод принципово виключає застосування будь яких типів клейових розчинів або дисперсійних сумішей, а кріплення елементів системи до фасаду здійснюється за рахунок спеціальних профільних кріпильних елементів.

### 6.2.3. Система зовнішньої скріпленої теплоізоляції

В Україні така система регламентується ДСТУ Б В.2.6-36:2008 "Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками" та ДБН В.2.6-22-2001 "Влаштування покриттів із застосуванням сухих будівельних сумішей", ДБН В.2.6-31:2006 "Теплова ізоляція будівель" та ДБН В.2.6-33:2008 "Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією". Однак ці документи не в повному обсязі відповідають вимогам сьогодення за причин високих темпів його змін та недостатньо враховують 60-ти річний досвід теплової модернізації європейських країн з цього питання, який відображений в такій нормі, як ETAG 004 "External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering (ETICS)" та відповідних стандартах EN.

#### Комплектуючі складові системи

Зовнішня система приклеєної теплоізоляції набуває свого завершеного вигляду безпосередньо на об'єкті. До цього моменту всі комплектуючі матеріали не є системою, а лише її складовими.

Основними складовими системи (рис.6.25) є:

- плитний утеплювач мінераловатний або пінополістирольний;
- клей для приклеювання або клеючо-армуюча суміш, яка може виконувати роль як клею, так і шпаклівочного шару;
- армувальна сітка;
- дюбель;
- декоративна штукатурка на основі сухої будівельної суміші модифікованої або дисперсійна, готова до використання;
- фарба та інші менш значущі комплектуючі матеріали.

**Види утеплювача.** Найефективнішими утеплювачами, як показав час, є мінераловатні та пінополістирольні плити з деякими різновидами у конструкції, які поліпшують експлуатаційні властивості конструкції.

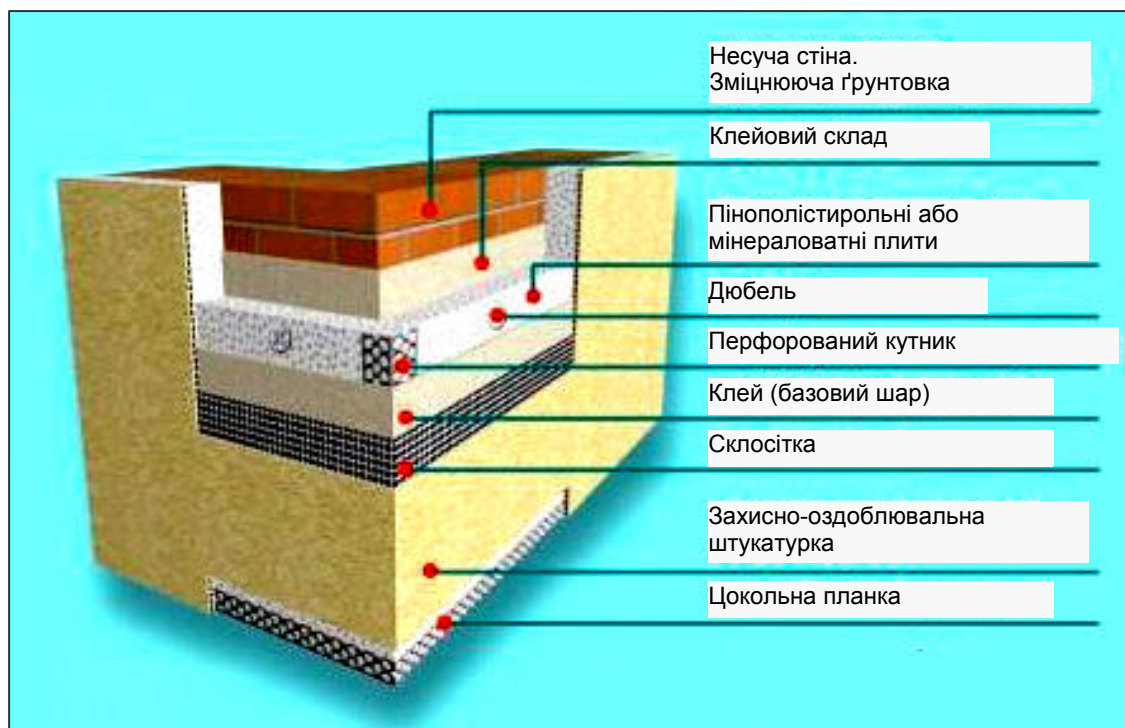


Рис.6.25. Загальний "пиріг" зовнішньої системи утеплення. Схема утеплення будинку пінопластом або мінераловатними плитами

Суміші для кріплення системи (клеї) є спеціально розробленими продуктами в найрізноманітнішій за номенклатурою групі матеріалів, які відомі як сухі будівельні суміші модифіковані (СБСМ), вимоги до яких регламентовані ДСТУ Б В.2.7-126:2011 "Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови" і наведені в п. 5.5. Особливістю продуктів, призначених для влаштування скріпленої теплоізоляції, є їх рецептурний склад. При цьому технологія виробництва не відрізняється від загального технологічного процесу.

Стандартна рецептура клеючо-армуючої суміші представлена в [табл.6.7](#).

Таблиця 6.7

### Орієнтовна рецептура клеючо-армуючої суміші

№	Назва сировини	Кількість, %
1	Пісок кварцовий фр.≥0,63 мм	55...70
2	Карбонатний наповнювач	5...20
3	Цемент ПЦ I-500-Н (СЕМ 42,5 N)	18...27
4	Волокно армуюче (фібра)	0,04...0,09
5	Вапно гідратне	1...4
6	Водоутримуюча добавка	0,2...0,45
7	Редиспергований полімерний порошок	1,2...3

Залежно від якості поверхні фасаду клейовий розчин може наноситися різними методами ([рис.6.30](#)).

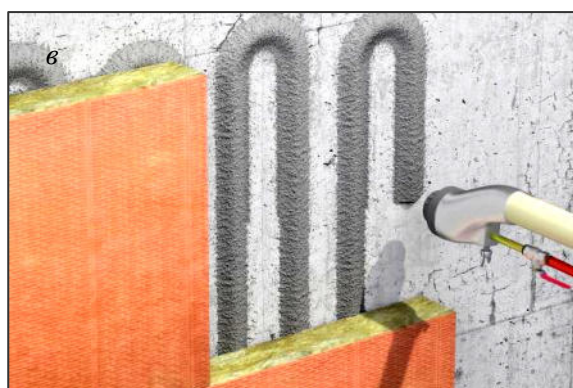
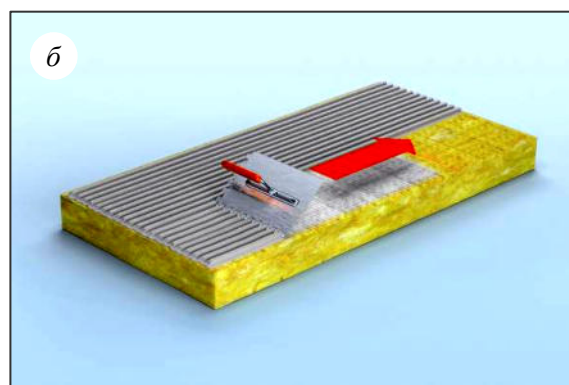
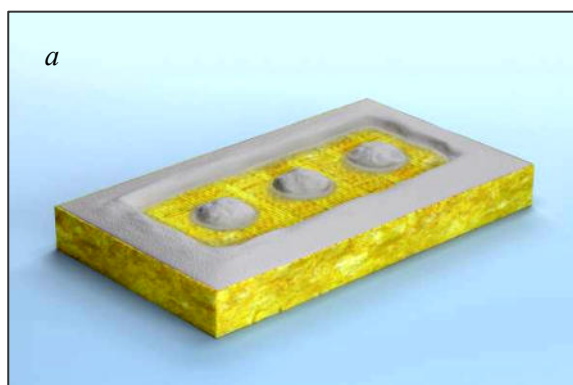


Рис.6.30. Розподіл клейового розчину по мінераловатній плиті:

*а* – за допомогою кельми; *б* – зубчатого шпателя; *в* – механізованим способом

**Кріпильні матеріали** є також необхідною складовою системи. Для кріплення теплоізоляційного плитного утеплювача, окрім клейового розчину і після його затвердіння, в обов'язковому порядку застосовуються спеціальні призначені для цього дюбелі – вид кріплення, який виробляється на основі ПВХ або нейлону. Такий дюбель ([рис.6.31](#)) має дві частини: основна верхня у формі па-

расолі – не розпірна і нижня – розпірна. Розпирання нижньої частини дюбеля і надійне фіксування в стіні відбувається в результаті забивання в нього сердечника. Залежно від виду, густини та товщини матеріалу стіни, куди буде фіксуватися кріпильний дюбель, використовують пластикові або металеві сердечники.

Технологія виробництва складається з підготовки сировини, яка поступає на виробництво у вигляді гранул; термічного впливу на гранули з метою їх розм'якшування та пресуванні маси у спеціальних прес-формах.

Основні вимоги до дюбелів наведені в ДСТУ Б В.2.6-36:2008 "Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками" (Додаток А).

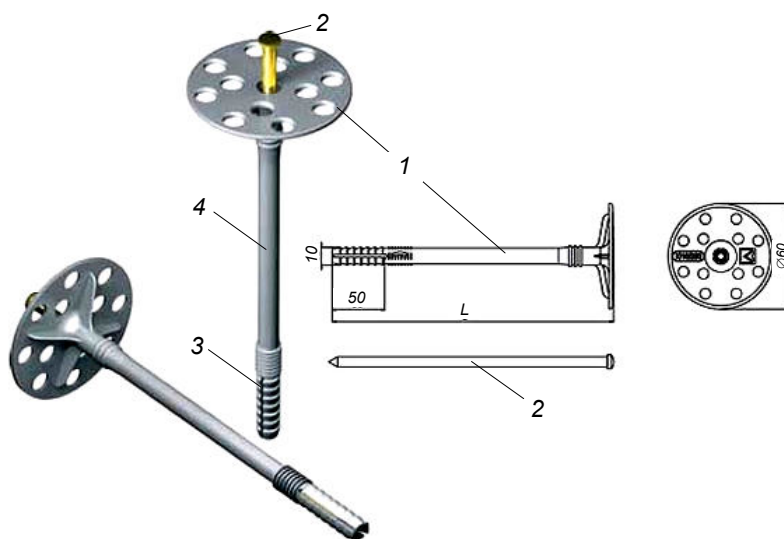


Рис.6.31. Зовнішній вигляд і конструкція дюбелів:

1 – дюбель; 2 – сердечник дюбеля; 3 – розпірна частина дюбеля, яка забивається в стіну; 4 – область дюбеля, яка утримує утеплювач

**Армувальна сітка** є одним з найважливіших елементів систем утеплення, оскільки вона в комбінації з клеючо-армувальним розчином утворює шар товщиною 4...6 мм призначений для протидії механічним навантаженням і розвитку деформаційних процесів (рис.6.32)



Рис.6.32. Армувальна склосітка в ролоні

В Україні ДСТУ Б В.2.6-36:2008 "Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками" регламентує особливості застосування армувальної сітки. В Німеччині у DIN EN 13496 "Wärmedämmstoffe für das Bauwesen-Bestimmung der mechanischen Eigenschaften von Glasfasergewebe als Armierung für außenseitige Wärmedämm-erbundsysteme mit Putz (WDVS)" Deutsche Fassung EN 13496:2013 викладені вимоги саме до армувальної сітки, деякі з яких наведені в табл.6.8.

## Основні вимоги до армувальної сітки

Вид тестування	Нормативне значення
Вимоги при поставці на об'єкт	
Питома вага одиниці поверхні, г/м <sup>2</sup>	160...170
Втрати при прожарюванні, %	≥ 20
Міцність на розрив, Н/мм:	≥ 40
– окреме мінімальне значення	> 36
Коефіцієнт розривного зусилля, кН/мм, продовжна деформація	≥ 1
Вимоги після витримування в лужному середовищі	
Міцність на розрив згідно з DIN EN13499 та DIN EN 13500, Н/мм	≥ 20
Кінцева міцність на розрив, %	≥ 50
Коефіцієнт розривного зусилля / продовжна деформація, кН/мм	≥ 1

При порівнянні, наприклад, показників європейського стандарту і вітчизняного ДСТУ 2.6-36-2008 (табл.А5) за показниками міцності на розрив видно, що вимоги вітчизняного стандарту суттєво поступаються європейському і нижчі у середньому на 25%.

Після монтажу утеплювача відбувається процес армування, який складається з нанесення клеючої армуючої розчину ручним (рис.6.33, а) або механізованим способом (рис.6.33, б) та улаштуванням армувальної сітки (рис.6.33, в)..

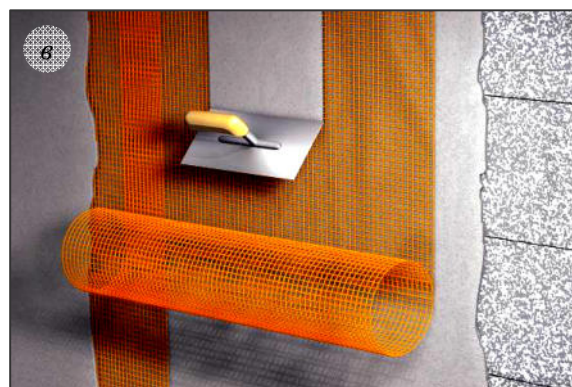
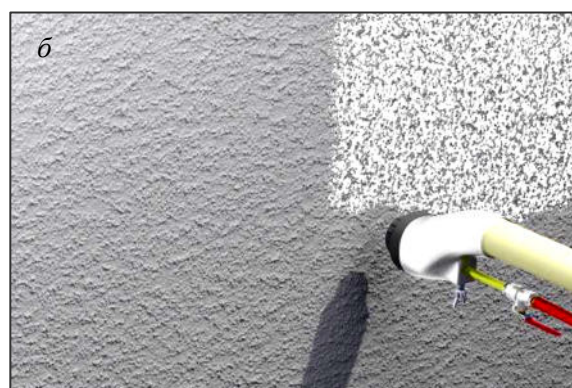
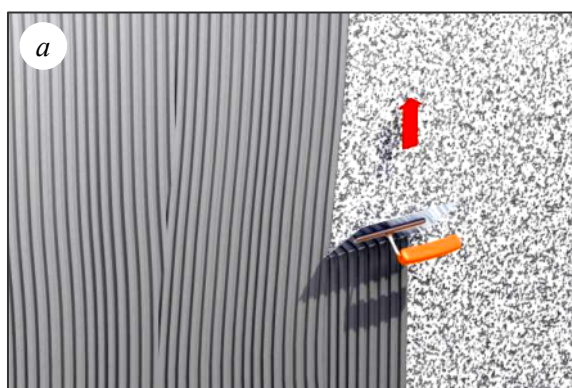


Рис.6.33. Влаштування армувального шару:

а, б – нанесення розчинової суміші на плитний утеплювач; в – влаштування армуючого шару за допомогою сітки

**Кутник пластиковий перфорований з сіткою** (рис.6.34) використовуються для підсилення і захисту всіх вертикальних і горизонтальних кутів фасадів будинків, дверних і віконних прорізів. Застосування в оздоблювальних роботах фасадних профілів дозволяє досягти ідеально рівних кутів і стін без особливих зусиль, а також запобігти появі тріщин. Використання таких кутників значно полегшує будівельні роботи, зменшує витрати часу при монтажі теплоізоляційних плит і виведенні кутів фасадних систем "мокрим методом".

При проведенні робіт зі створення фасадної утеплювальної штукатурної системи рекомендується застосовувати **спеціальний металевий цокольний стартовий профіль** (рис.6.35). Цокольний профіль виготовляється з загартованого перфорованого алюмінію, служить опорою для утеплювача, який монтується на стіні, а також захищає торцеву частину плит теплоізоляційного матеріалу від вологи, гризунів та інших негативних впливів.

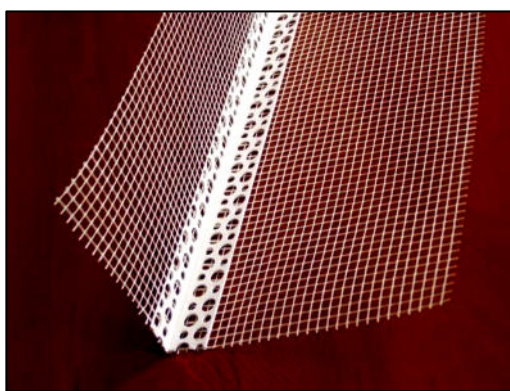


Рис.6.34. Кутник пластиковий перфорований з сіткою

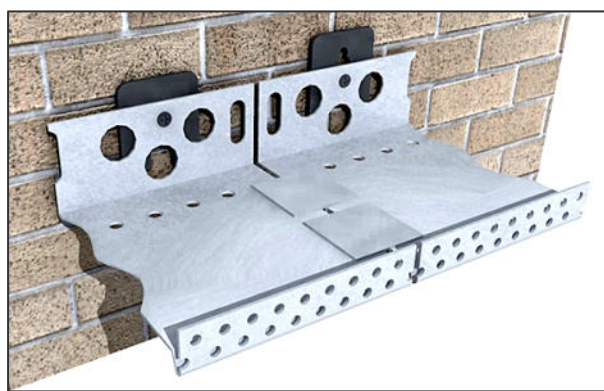


Рис.6.35. Фрагмент цокольної стартової планки, змонтованої на стіні

**Оздоблювальний матеріал** призначений для завершального "фасадного" шару системи. Він може бути отриманим у вигляді будівельного розчину безпосередньо на об'єкті шляхом механічного перемішування сухої будівельної суміші модифікованої з водою. Крім того, розповсюдженим оздоблювальним матеріалом для цього шару є готові до використання водо-дисперсійні суміші. Вони являють собою армуючі маси, декоративні штукатурки та фарби. Відомо, що дисперсійним матеріалам на водній основі притаманні достатньо високі еластичні властивості, що є невід'ємною перевагою роботи системи в цілому, адже ті деформаційні коливання фасадних систем під час нагрівання в літній період, або охолодження в зимовий, значним чином гасяться завдяки еластичній полімерній плівці, яка утворюється в процесі її полімеризації у матеріалі.

Перед нанесенням фінішного оздоблювального декоративного матеріалу рекомендується виконати **грунтування спеціальною грунтовкою з кварцовим наповнювачем** для кращого зчеплення декору з основою.

Застосування СВФ дозволяє виконувати утеплення фасадів різного ступеню складності, таких, наприклад, як на [рис.6.40](#).





Рис.6.40. Застосування СВФ Caratect-VHF-System (Klinker) на об'єкті зі складною архітектурною формою. Музей сучасного мистецтва MARTa, м.Херфорд, Німеччина

### 6.2.5. Контроль якості систем зовнішнього стінового утеплення

Контроль якості системи утеплення здійснюється у відповідності до вимог ДСТУ та ДБН і наведених у розділах 6.2.3 та 6.2.4. Основними критеріями оцінки є випробування фрагменту поверхні на адгезію до основи (рис.6.41, *а*), ударну міцність (рис.6.41, *б*) тощо.



Рис.6.41. Визначення фізико-механічних характеристик декоративного оздоблення:

*а* – визначення адгезійної міцності фрагменту декоративного оздоблення ЗСТІ; *б* – визначення міцності опору ударові фрагменту ЗСТІ; *в* – зовнішній вигляд фрагменту ЗСТІ після опору ударові з енергією 10 Дж

За характером пошкодження та величині руйнівної енергії (рис.6.41, в) визначають до якого класу відноситься той чи інший тип системи. Основні фізико-технічні показники конструкцій з фасадною теплоізоляцією класу А наведені у табл.6.6.

Таблиця 6.6

**Основні фізико-технічні показники конструкцій з фасадною теплоізоляцією класу А**

№ п/п	Найменування показника, одиниця виміру	Величина показника
1	Приведений опір теплопередачі збірної системи	Не менше значень, встановлених ДБН В.2.6-31
2	Опір удару, Дж, не менше: - цоколя; - стіни 1-го поверху; - стіни вище 1-го поверху;	10 5 3 При цьому не повинно бути тріщин і відколів на захисно-опоряджувальному шарі.
3	Стійкість системи до кліматичних факторів, циклів, не менше	75 – для цоколів; 50 – для стін При цьому зниження термічного опору конструкції не повинно бути більше 10 %, а на захисно-опоряджувальному шарі не повинно бути пошкоджень у вигляді тріщин або змін кольору.
4	Зусилля виривання дюбеля зі стіни, Н, не менше: - бетон, повнотіла цегла; - порожнисті цегла та камені, ніздрюваті бетони густиною > 600 кг/м <sup>3</sup>	500 (гвинтові дюбелі); 250 (забивні дюбелі)  200 (гвинтові дюбелі)
5	Міцність зчеплення з основою та захисно-опоряджувальним шаром плит теплоізоляції, (кгс/см <sup>2</sup> ): - на органічній основі; - на мінеральній основі	0,08 (0,8) 0,015 (0,15)
6	Опір паропроникності опоряджувального шару, м <sup>2</sup> ·год·Па/мг, не більше: - з теплоізоляцією на органічній основі; - з теплоізоляцією на мінеральній основі	0,37 0,18
7	Коефіцієнт водопоглинання захисно-опоряджувального шару, % за масою, не більше: - полімер цементні суміші; - полімерні суміші	0,5 0,2

№ п/п	Найменування показника, одиниця виміру	Величина показника
8	Маса 1м <sup>2</sup> збірної системи без вирівнювального шару, кг, не більше: - з органічною теплоізоляцією; - з мінеральною теплоізоляцією	25 40

Вітчизняні стандарти, як правило, спрямовані на перевірку окремих показників конкретних матеріалів. Такий підхід не завжди є доцільним, оскільки не передбачає перевірку якості системи в цілому. ЗСТІ працює єдиним цілим, так званим, "пирогом", тому і перевірятися повинна комплексно. Наприклад, європейський стандарт ETAG 004 передбачає перевірку системного "пирого", а найвідоміші виробники тестують систему разом з фрагментом стіни зі збірного залізобетону за допомогою кліматичної камери (рис.6.42).

Така камера дозволяє створювати температурні умови від  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+80^{\circ}\text{C}$  та вологість від 20 до 90%. Сутність методу полягає у витримці протягом деякого часу фрагменту основи із ЗСТІ у кліматичній камері під дією змінних погодних факторів. Зволоження, заморожування, відтавання, висушування супроводжується знакозмінними температурними коливаннями, що за досить короткий проміжок часу створює картину старіння системи і її деформаційну поведінку в часі.

Останнім часом широкої популярності набирає метод термографічного оцінювання стану поверхні і визначення критичних зон із втратами тепла. Для визначення таких зон використовують *тепловізор* (рис.6.43) – прилад, за допомогою якого здійснюється безконтактний контроль температур поверхонь по їх тепловому випромінюванню.



Рис.6.42. Спеціальна кліматична камера від Klima SYStems®



Рис.6.43. Зовнішній вигляд тепловізора FLIR E4

Така діагностика актуальна, як до проведення теплової модернізації будинку, так і після модернізації в часі (див.рис.6.22, а, б) з метою виявлення можливих недоліків монтажу системи або пошкоджень її в процесі експлуатації.

#### 6.2.4. Система вентиляваного фасаду

Нормативна база таких систем регламентується ДСТУ Б В.2.6-35:2008 "Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляваним повітряним прошарком" та ДБН В.2.6-33:2008 "Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації".

За типом теплоізоляції класифікується на одношарову та двошарову.

Основною відмінністю від ЗСТІ є відсутність адгезійного з'єднання між кожним шаром системи та влаштування технологічного зазору між утеплювачем та оздоблювальним шаром. Таким чином утворюється конструкція, яка дозволяє конденсату виводитися циркулюючим всередині системи повітрям. При цьому сам утеплювач системи залишається ізольованим від намокання.

#### Комплектуючі складові системи

Подібно ЗСТІ, система вентиляваного фасаду (СВФ) влаштовується безпосередньо на об'єкті і складається з функціонально подібних елементів при деяких їх конструкційних відмінностях (рис.6.36).

Основними складовими системи є кріпильні вироби (гвинти, болти, гайки), розпірні елементи та дюбелі, кронштейни, напрямні профілі каркасу, клямери, утеплювач, захисна мембрана, лицювальна панель.

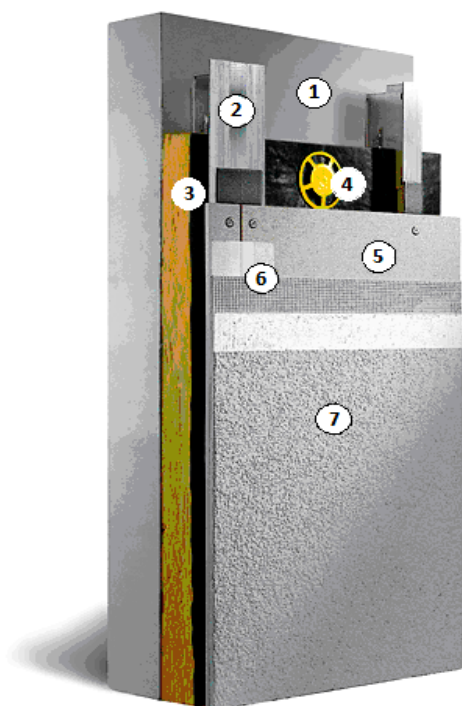


Рис.6.36. Загальний вигляд системи вентиляваного фасаду Capatect-VHF-System:

- 1 – стіна;
- 2 – напрямний профіль;
- 3 – утеплювач;
- 4 – дюбель;
- 5 – основа під оздоблення;
- 6 – вирівнювальний розчин;
- 7 – декоративна штукатурка

**Кріпильні вироби** повинні виготовлятися з корозійностійких матеріалів та відповідати вимогам [ГОСТ 10618](#), [ДСТУ ГОСТ 7798](#), [ДСТУ ГОСТ 1491](#), [ДСТУ ГОСТ 17475](#).

**Розпірні елементи** призначені для кріплення безпосередньо кронштейну до стіни і виготовляються з нержавіючої сталі, або зі сталі з гарячецинковим покриттям.

Дюбелі виготовляються з матеріалів та за технологією, яка наведена у розділі 6.2.3.

**Кронштейни** ([рис.6.37](#)) призначені для кріплення профілів каркасу до основи та забезпечують відстань між лицевальним матеріалом та стіною. За допомогою кронштейнів є можливість компенсувати нерівності стін.



Рис.6.37. Кронштейни з антикорозійним покриттям

**Напрямні профілі каркасу** ([рис.6.38](#)) системи вентиляваних фасадів є базою, на яку кріпиться несучий елемент фасадного лицевання. Ці напрямні виконують роль прийняття на себе та передачі на кронштейни навантажень від лицевальних елементів. Напрямні профілі виготовляються з алюмінію або оцинкованої сталі.

**Мембрана** застосовується для захисту утеплювача та внутрішніх елементів від вітру, атмосферної вологи, пилу а також забезпечує виведення водяної пари. Виготовляється з мембранної плівки і не повинна змінювати своїх показників з паропроникності та повітропроникності більш ніж на 10% після 75 циклів знакозмінних температурних циклів.

Роль **утеплювача** в СВФ виконують мінераловатні плити ([рис.6.39](#)), які за своїми характеристиками густини та коефіцієнту теплопровідності можуть де-що відрізнятися від матеріалу для ЗСТІ, але в цілому дозволяють якісно забезпечити роботу системи.



Рис.6.38. Напрямні профілі каркасу



Рис.6.39. Утеплювач мінераловатний Rockwool®

Більш детально про технологію виробництва та вимоги до мінеральної вати наведено у розділі 4. Параметри та значення мінераловатного утеплювача наведені в [табл.6.10](#)

Таблиця 6.10

### Параметри мінераловатного утеплювача для СВФ

Параметри	Значення
Довжина / Ширина / Товщина, мм	1000...1200 / 600...1200 / 80...200
Густина верхнього шару, кг/м <sup>3</sup>	90
Густина нижнього шару, кг/м <sup>3</sup>	45
Теплопровідність, Вт/(м·°C)	0,037
Група горючості	НГ
Границя міцності шарів на відрив, кПа	4
Водопоглинання при короточасному зануренні, кг/м <sup>2</sup>	1

Монтаж мінераловатних плит на відміну від монтажу ЗСТІ, де додатково використовується клейовий розчин, здійснюється за допомогою тарілчастих дюбелів ([рис.6.31](#)), а клейовий розчин не використовується взагалі.

### 6.3. Системи внутрішньої теплоізоляції

Система внутрішньої теплоізоляції (СВТІ) застосовується у випадках, коли використання зовнішньої системи утеплення неможливе або неприйнятне. Прикладом може служити багатий за поверхнею архітектурний комплекс ([рис.6.44](#)), який має історичну цінність або малогабаритність вуличного простору для пішоходів, що притаманне старовинним містам ([рис.6.45](#)).



Рис.6.44. Розвинений фасадний декор залізничного вокзалу в м. Ульцен, який виключає можливість влаштування ЗСТІ



Рис.6.45. Вулиця стародавнього м. Гослар з обмеженням умов влаштування ЗСТІ

Застосування СВТІ також доцільне в спорудах, які використовуються тимчасово або спорудах з нетривалим терміном опалення.

Всі складові системи принципово не відрізняються від тих, що входять до складу ЗСТІ, але мають деякі відмінності. Так, основною відзнакою полістирольного утеплювача є його конструкція, в якій розташовуються "активні" капілярні отвори (рис.6.46, а). Такий утеплювач має коефіцієнт теплопровідності  $0,035 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$  та розміри  $480\times 420 \text{ мм}$  з товщиною від 30 до 160 мм.

Мінеральний утеплювач (рис.6.46, б), виробляється за технологією ніздрюватих бетонів та має структуру з розвиненими капілярними порами (рис.6.25, в), коефіцієнт теплопровідності такого матеріалу становить  $0,042 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ , а розміри  $380\times 580 \text{ мм}$  з товщиною від 50 до 200 мм.

В деяких випадках у внутрішній теплоізоляції використовується санаційний мінеральний утеплювач з розвиненою системою пор.

Отже, основною відзнакою таких матеріалів є їх висока капілярна пористість, яка забезпечує інтенсивний перенос вологи шляхом дифузії, що унеможливорює утворення плісняви.

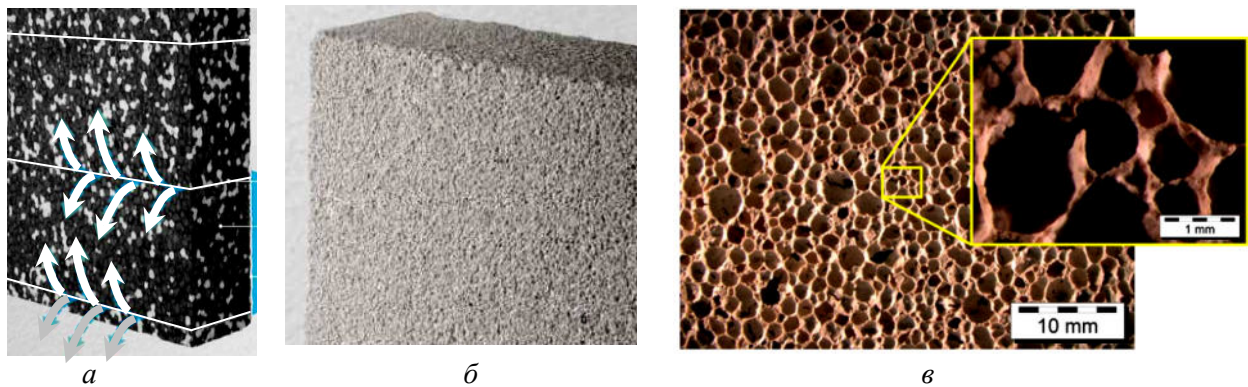


Рис.6.46. Типи утеплювачів для внутрішньої теплоізоляції:

*a* – пінополістирольний утеплювач Caparol IDS Aktiv Dämmplatte з капілярними отворами; *б* – мінеральний утеплювач Caparol IDS Mineral Dämmplatte; *в* – капілярна система утеплювача з нідздрюватого бетону Caparol IDS Mineral Dämmplatte

Принцип роботи системи демонструє [рис.6.47](#). Теплоізоляційний матеріал щільно кріпиться суцільним клейовим шаром, створюючи таким чином жорсткий конструктив, за рахунок чого при збільшенні товщини стіни "точка роси" зміщується в напрямку фасаду, в результаті між утеплювачем і стіною конденсат не утворюється, що сприяє комфортному мікроклімату в приміщенні (не утворюється пліснява).

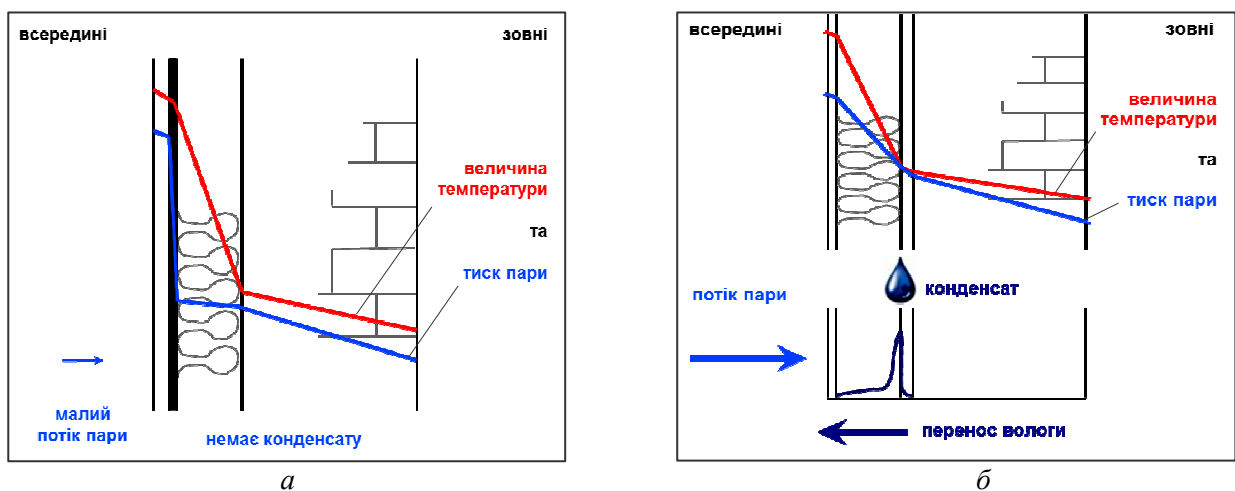


Рис.6.47. Система внутрішньої теплоізоляції:

*a* – з щільним кріпленням; *б* – при наявності зазору і утворенні конденсату

Монтаж утеплювача ВСТІ ([рис.6.48](#)) здійснюється за допомогою спеціального клеючо-армуючого розчину, наприклад Caparol IDS Meistermörtel, який при твердненні утворює структуру з розвинених капілярів, та має досить низький коефіцієнт теплопровідності.



Армувальна сітка, наприклад, Caparol IDS Armierungsgewebe дещо відрізняється від сітки для зовнішньої стінової теплоізоляції за структурою і за середньою густиною становить 118 г/м<sup>2</sup>, тобто вона дещо легша.



Рис. 6.48. Загальний "пиріг" внутрішньої стінової теплоізоляції Capatect InnenDämmSystem kompatibel:

- 1 – полістирольний утеплювач з капілярними отворами;
- 2 – клеючо-армуючий розчин;
- 3 – армувальна сітка;
- 4 – звукоізоляційний волок;
- 5 – спеціальні розетки та вимикачі;
- 6 – ізоляційні проставки;
- 7 – термокут

## ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА МАТЕРІАЛІВ І ВИРОБІВ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ СТІН

---

### Оптимізація пористої макроструктури матеріалів та способи її одержання.

---

Макроструктура теплоізоляційних матеріалів характеризується:

- ніздрюватою,
- волокнистою
- та зернистою пористістю.

*Ніздрювата пористість* утворюється порами, форма яких наближається до сферичної.

*Волокниста пористість* складається з міжволокнистої пористості і пористості самих волокон матеріалу.

*Зерниста пористість* складається з пористості зерен матеріалу (наприклад заповнювача) і міжзернової пустотності.

До *оптимальних структур теплоізоляційних матеріалів* відносяться такі, які характеризуються **максимальними значеннями пористості з рівномірним розподілом пор і заповнювача по об'єму.**

---

#### 4.1. Оптимізація ніздрюватої структури

Теплоізоляційні матеріали повинні мати пори **різного діаметру** для досягнення **максимальної пористості**. В промислових умовах неможливе досягнення ідеальної макроструктури з точною кількістю пор необхідних розмірів. Можливе одержання пор з нерівномірним розподілом по діаметрам.

Граничне значення пористості в цьому випадку становить 81,2%.  
Дальше зростання пористості теплоізоляційних матеріалів може бути досягнуто за рахунок деформації пор в правильні багатогранники з отриманням сотової структури при мінімальній товщині перегородок. В цьому випадку максимальна пористість може сягати 96...98%.

---

#### 4.2. Оптимізація волокнистої структури

Вважають, що волокнисті матеріали мають пори, які утворюються між волокнами. Такі пори не мають визначеної форми і являють собою систему сполучених між собою повітряних порожнин.

Значний вплив на властивості волокнистих матеріалів має розмір поперечного перетину волокна.

Для волокнистих матеріалів оптимальною є структура з мінімальним вмістом твердої фази, яка створена круглими волокнами оптимального діаметру – 6...8 мкм. При значному зниженні діаметру волокон, вони втрачають пружні властивості, становляться ламкими, в результаті чого утворюються матеріали з підвищеною середньою щільністю.

---

#### 4.3. Оптимізація зернистої структури

Пористість матеріалів зернистої структури складається з пористості самих зерен і міжзернового простору. У ефективних матеріалів з зернистою структурою внесок міжзернової пористості і пористості самих зерен в загальну пористість приблизно однаковий.

Пористість зерен частіше з усього буває:

- закритою ніздрюватою (наприклад склопор, зерна пінополістиролу)
- або відкритою (перліт, вермікуліт).

Перший вид – краще.

Максимальне значення міжзернової пористості досягається при нещільній упаковці зерен однакового діаметра.

Для круглого (сфероподібного) заповнювача міжзернова пористість гранул в цьому випадку складає 40-50%, а для щебеню – 43-48%.

---

#### 4.4. Способи одержання пористої структури

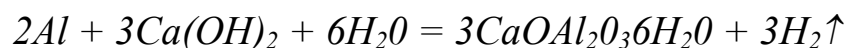
Основні з них:

- газоутворення,
- піноутворення,
- спосіб високого водозамішування,
- спосіб створення зернистої пористості (механічна диспергація),
- спосіб створення волокнистого каркасу,
- спосіб спучування мінеральної і органічної сировини при нагріванні,
- спосіб вигораючих добавок.

---

Спосіб газоутворення реалізує хімічні процеси виділення газу або в результаті взаємодії з компонентами сировини, або в процесі розкладання самого газоутворювача без взаємодії з поризуємим матеріалом.

В першому випадку такої добавки може бути, наприклад, алюмінієва пудра. Газ виділяється в результаті взаємодії порошку алюмінію з гідроксидом кальцію:



В другому випадку можна використовувати, наприклад, перекис водню. Ця сполука при її розкладі виділяє кисень по реакції:



Найбільш розповсюдженим **газоутворювачем** є **алюмінієва пудра** (ГОСТ 5494-71Е). До неї, звичайно, пред'являються вимоги: зміст активного алюмінія – 87-98,5%, питома поверхня – 8000 – 8500см<sup>2</sup>/г; криюча здібність – 5000 – 5900 см<sup>2</sup>/г.

При використанні пудри необхідно **вилучати** з її поверхні **шар парафіну**.

Це робиться двома шляхами:

- **прожарюванням** при температурі 220°C
- або обробкою **поверхнево-активними речовинами** (каніфоль, СДБ, господарче мило і таке інше).

**Прожарювання менш ефективно**, тому що якість пудри може погіршитися через окислення алюмінія. Крім того, цей процес тривалий (близько 8 год) і вибухонебезпечний.

**Введення поверхнево-активних речовин** знижує поверхній натяг плівки води, і тому пудра легко змочується.

---

Технічний пергідроль (ГОСТ177-88Е) повинен мати:

- перекису водню – 27,5...31% по масі,
- збереження концентрації протягом 4 год. при температурі 95°C.

**Розкладання** перекису водню інтенсивно **протікає в лужному середовищі** з виділенням тепла (2940кДж/кг) та одержанням кисню (133л/кг).

Цей **процес можна прискорити** каталізаторами (MnO<sub>2</sub>) або уповільнити інгібіторами (Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). Перекис водню вибухонебезпечна. Зберігати і транспортувати її необхідно в скляному або алюмінієвому посуді.

**Спосіб піноутворення**. Він ґрунтується на зниженні поверхневого натягу рідини (води) при додаванні до неї поверхнево-активних речовин – піноутворювачів. В результаті інтенсивного перемішування створюється піна, яка потім змішується з поризуємою масою.

Якість піноутворювачів характеризується **пінністю** (кратність піни) та **піностійкістю**.

Під **пінністю** розуміють **об'єм піни**, що утворюється з **одного кілограма** піноутворювача.

**Стійкість** піни характеризується значенням осада стовпа піни в одиницю часу.

Речовини, які приводять до зростання пінності, зветься **активаторами** піноутворення. Це – **лужні, нейтральні або кисли електроліти**, домішка яких веде до зростання внутрішньої коагуляції піноутворювача і підвищення міцності плівок. Суттєвим для пористості є значення рН середовища (**оптимальні значення рН=8...10**).

Речовини, які підвищують стійкість і в'язкість піни, зветься **стабілізаторами** або **загусниками**. До них відносяться **смоли, столярний клей** і інше.

Окрім **пінності** та **піностійкості** піноутворювачі повинні:

- **не затримувати** процес тверднення (сроків тужавлення),
- припускати **застосування прискорювачів** тверднення;
- забезпечувати **простоту застосування**;
- **не змінювати своїх властивостей** в часі;
- **не проявляти шкідливої дії** на організм людини.

Найбільш розповсюдженими класичними піноутворювачами є сапоніновий, клеєканіфольний, алюмосульфонафтенний, а також гідролізована кров.

---

**Спосіб високого водозамішування** базується на утворенні порової структури за рахунок випаровуванні залишків води. Цей процес здійснюється під час сушки відформованих виробів. В результаті утворюється значна кількість пор.

Основною технологічною характеристикою цього способу є високе водотверде відношення (В/Т) сировинних сумішей – гідромас.

Цей спосіб доцільно використовувати при наявності дешевого палива, тому що випарювання значної кількості води потребує великих витрат енергії.

---

**Спосіб створення волокнистого каркасу** заснований на використанні повітря, яке втягується волокнами мінерального і органічного походження. Ці волокна створюють каркас матеріалу.

Цей спосіб дозволяє виготовлювати вироби з **мінеральної та скляної вати, асбестовміщуючих матеріалів, фіброліта** і т.п. Пориста будова в них створюється взаємним переплетінням волокон. Повітряні пори – переважно великі, сполучені, неоднорідні по формі та розміру. Міцність матеріалу додають довгі волокна.

Теплоізоляційні матеріали з волокнистим каркасом можуть бути **двох видів**:

1. Матеріали, пористість яких забезпечується тільки **пружньо-жорстким волокнистим каркасом**. До них відносяться прошивні мати з мінеральної вати в паперовій обгортці або скловолокно в металевій сітці.
2. Матеріали, структура яких утворюється в результаті **жорстких контактів між волокнами і в'язучим**, що введено. Таким чином отримують **фіброліт з дерев'яної шерсті і цементу**, мінеральні вироби на основі **синтетичних смол** і т.п.

---

**Спосіб спучування** мінеральної та органічної сировини при нагріві заснований на збільшенні об'єму матеріалу в таких умовах за рахунок розширення повітря, яке є в порах матеріалу, або водяної пари, яка створюється при випарюванні хімічно зв'язаної води.

Здатністю спучуватися мають:

- перлитові гірські породи,
- вермікуліт,
- мінерали глини.

Прикладом **органічних матеріалів**, які спучуються при нагріванні, може бути **полістирол**.

---

**Спосіб вигоряючих добавок** заснований на створенні пористості за рахунок **вигорання органічних домішок** в сировинній шихті. Використовується при отриманні **пористої кераміки**. В якості вигоряючих домішок часто використовується **тонкомелене вугілля, тирса, спучений пінополістирол** і таке інше.

---



## 4.5. Мінеральна вата і вироби з неї

**Загальна характеристика.** Одним з основних видів теплоізоляційних матеріалів у нас в країні і за кордоном на цей час є мінеральна вата і вироби на її основі. Її випускається більше 50% від загального об'єму теплоізоляційних матеріалів.

---

Перше штучне волокно - шлаковата - виготовили більш як 100 років тому, в 1897 р. було виготовлено високоякісне мінеральне волокно з глинистих порід. В промислових масштабах виробництво мінеральної вати почалось в 1914 р.

---

Основними мінераловатними виробами є:

- мінераловатні плити на синтетичному і бітумному зв'язуючих,
  - прошивні мати і не прошивні мати,
  - плити для будівельної і монтажної ізоляції.
- 

Одними з найбільш ефективних мінераловатних виробів є:

- жорсткі плити (ГОСТ 9573-82, ГОСТ 10140-80),
  - плити підвищеної жорсткості з вертикально орієнтованими волокнами (ламельні плити).
- 

Найбільш економічним і найбільш розповсюдженим є спосіб виробництва мінеральної вати, який сполучує використання вагранки і чотирьох-валкової центрифуги. Це один з найбільш продуктивних способів, він дозволяє одержувати волокна високої якості.

---

Залежно від температури використання штучні мінеральні волокна діляться на:

- **скляні** - з температурою використання до  $400^{\circ}\text{C}$ ;
- **рядові** - з температурою використання до  $600^{\circ}\text{C}$ ;
- **високотемпературні** - з температурою використання до  $1000^{\circ}\text{C}$  і вище.

Основним показником мінеральної вати є діаметр волокон, який коливається в межах **1-10 мкм**. Товщина волокон вати, яка використовується для виробництва теплоізоляційних виробів, не повинна перевищувати **8 мкм**, так як її збільшення викликає збільшення теплопровідності і крихкості, тобто погіршення основних властивостей.

**Довжина волокон** визначається хімічним складом розплаву і складає **2-300 мм**. Більш довгі волокна сприяють більшій еластичності і міцності виробів.

Частинки розплаву, що **не витягнулись у волокна** і мають, як правило, **сферичну форму**, одержали назву **корольків**. Ці включення погіршують теплоізоляційні властивості матеріалів.

Мінеральна вата випускається марок 75, 100 і 125 з вмістом корольків розміром вище 0,25 мм не більше 12, 20 і 25% відповідно. **Марка мінеральної вати** відповідає її **середній щільності** при **навантаженні** 0,002 МПа ( $0,02 \text{ кг/см}^2$  або  $20 \text{ г/см}^2$ ).

**Пористість** мінеральної вати сягає **96%**, що обумовлює її високі теплоізоляційні властивості.

**Характер пор – відкритий**, тому вату треба оберегати **від зволоження**, так як при цьому різко збільшується її

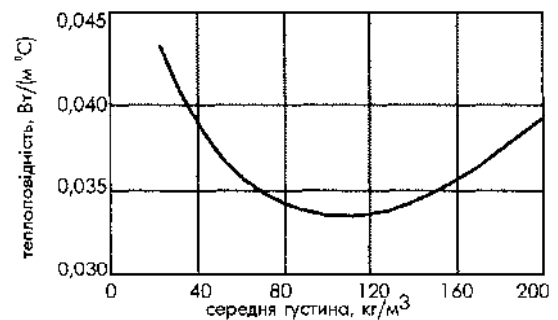


Рис. 3.17 Залежність теплопровідності мінераловатних виробів від їх середньої густини

теплопровідність.

Водопоглинання мінеральної вати при зануренні в воду **високе** – до **600%**, гігроскопічність - **0,2...2%**.

---

З огляду на те, що **волокна** представлені речовиною в **скловидному стані** висока **температура експлуатації** сприяє **кристалізації**, яка в залежності від складу волокон може відбуватися **вже при 500°C**. З розвитком цього процесу **погіршуються теплофізичні властивості** мінеральної вати.

Її **теплопровідність** не повинна перевищувати **0,045 Вт/м°C** при температурі **25±5°C**;

---

#### **4.5.1. Сировинні матеріали для виробництва мінеральної вати**

Сировинна суміш для одержання силікатного розплаву найчастіше буває багатоконпонентною.

Склад шихти підбирається таким чином, щоб забезпечити модуль кислотності волокна ( $M_k$ ) :

- не менше **1,5** для вищої категорії якості;
- і не менше **1,2** - для першої категорії:

$$M_k = \frac{SiO_2 + Al_2O_3}{CaO + MgO} \geq 1,2 \quad (\geq 1,5)$$

Волокна з  $M_k = 1,5...2,5$  характеризуються **підвищеною** експлуатаційною стійкістю, а волокна з  $M_k \leq 1,2$  **нестійкі** по відношенню до дії води.

Однак надмірна кількість  $SiO_2$  і  $Al_2O_3$  може різко підвищити в'язкість силікатного розплаву, що тим самим зменшує продуктивність плавильного агрегату. Тому треба шукати таке рішення, при якому б забезпечувались технологічні параметри виробництва і довговічність мінеральної вати.

---

**Сировиною** для виробництва мінеральної вати найчастіше є відходи промисловості:

- металургійні і паливні шлаки,
- золи,
- керамічний і скляний бій,
- бій силікатної і глиняної цегли і ін.,
- а також гірські породи (габро, базальти, діабаз).

Практично дуже **рідко** сировину використовують **без підшихтовки**, яка забезпечує необхідний хімічний склад розплаву. Вихідні сировинні **матеріали повинні** забезпечувати **низьку температуру плавлення**, необхідну **в'язкість** розплаву і експлуатаційні **характеристики** мінеральної вати. Складові частини сировинної шихти повинні бути **недефіцитними** і легко піддаватися попередній **підготовці**.

---

#### **4.5.2. Основне обладнання**

Теплові агрегати для одержання силікатного розплаву розрізняються можливістю переробки окремих видів сировини при використанні різного палива або енергії.

**Вагранки** - найбільш розповсюджений тип шахтної плавильної печі безперервної дії, в яких розігрів і плавлення шихти протікає по принципу протитоку.

В процесі плавки **шихта** поступово опускається і попадає в зону плавлення, де **при температурі 1500-1800°C** переходить **в рідкий стан** і поступає в нижню частину вагранки – **горн**.

**Переваги вагранок:**

- висока продуктивність;
- простота конструкції, яка не потребує високих капітальних затрат;
- простота в обслуговуванні;
- можливість її швидкої зупинки і запуску;
- невеликі габарити.

Тому вагранка, особливо при її використанні в комплекті з чотирьохвалковою центрифугою, – найбільш перспективний агрегат для одержання мінеральної вати.

---

**Печі** для отримання силікатного розплаву використовують будь-якого типу:

- ванні,
- шахтно-ванні,
- печі-шлакоприймальники для переробки на мінеральне волокно вогненно-рідких шлаків,
- електродугові,
- циклонні,
- конверторні та ін.

Як паливо, в основному, використовують **рідке паливо** (мазут) і **газ**.

---

### 4.5.3. Перетворення силікатного розплаву у волокно

Зараз основними промисловими способами переробки силікатного розплаву в мінеральне волокно є:

- дуттьові,
- відцентрові,
- комбіновані.

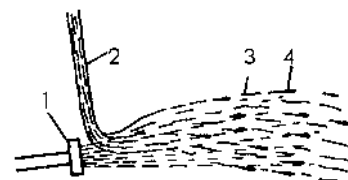
**Дуттьові** способи діляться на:

- горизонтально-дуттьові
- і вертикально-дуттьові.

При **горизонтально-дуттьовому** способі енергоносій з великою швидкістю (400-600

м/сек) входить в контакт з потоком розплаву приблизно під кутом  $90^\circ$ , вигинає його і розщеплює на волокна.

В якості енергоносія можливе використання гарячого повітря, перегрітої і сухої насиченої пари, відхідні паливні гази або газо-повітряну суміш.



При горизонтально-дутьовому способі роздувається лише один доволі товстий струмінь розплаву, волокна одержуються невисокої якості, з високим вмістом корольків. Тому цей спосіб є основою для різних комбінованих способів, але в чистому вигляді не використовується.

При *вертикально-дутьовому філь'єрному способі* розплав попередньо роздроблюють на тонкі струмені, які витікають з живильників через тонкі отвори філь'єри, які мають отвори не більше ніж 3 мм, після чого їх

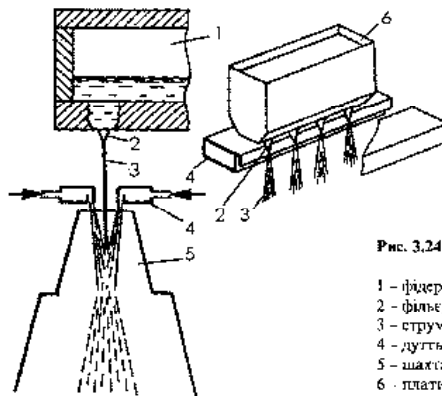


Рис. 3.24 Схема вузла волокноутворення при вертикально-дутьовому способі:

- 1 - фідер;
- 2 - фільтрний живильник;
- 3 - струмінь розплаву;
- 4 - дутьовий пристрій;
- 5 - шпала камери волокноосадження;
- 6 - платишордівський човник

роздувають в струмені енергоносія, направленою зверху вниз з обох сторін під кутом 10-11° по відношенню до струменя розплаву.

*Відцентрові способи* реалізують відцентрову силу, яка виникає за рахунок високої швидкості обертання валків або дисків волокноутворюючого вузла, коли йде поступовий відрив розплаву від поверхні і розподіл їх у вигляді тонких ниток.

Залежно від *форми робочого органу*, центрифуги можуть бути:

- валковими,
- дисковими
- і чашечними.

Залежно від *кількості центрифуг*:

- *одноступінчастими*
- і *багатоступінчастими*.

Залежно від *орієнтування площини обертання*:

- горизонтальними
- і вертикальними.

*Відцентрово-валковий* спосіб реалізований у вигляді багатовалкових ступінчатих центрифуг і є зараз **найбільш перспективним** способом волокноутворення, який одержав широке визнання у світовій практиці.

В чотирьохвалковій центрифугі струмין розплаву з температурою біля  $1400^{\circ}\text{C}$  спочатку попадає на строго визначену точку верхнього швидко обертаючогося валка 1, функціональне призначення якого зводиться, в основному, до попереднього розщеплення струменю розплаву і передачі його на слідуючі валки. Валок 1 може мати **гвинтову нарізку** і обертатися з швидкістю **3000 об/сек**. Гвинтова **нарізка** **сприяє** прискоренню **розщеплення** струменю. Валок 1 видає невелику кількість повноцінного мінерального волокна, основна доля його поступає з валків 2, 3 і 4. **Частота обертання валків** по мірі просування розплаву зростає (валка 2 –  $4000\text{с}^{-1}$ , валка 3 –  $5000\text{с}^{-1}$ , валка 4 –  $6000\text{с}^{-1}$ ), що зв'язано із **зниженням його температури** і зростанням **в'язкості**. **Обов'язковим є прогрів** поверхні валків центрифуги до температури не менше  $400^{\circ}\text{C}$ , так як волокно утворюється тільки при умові налипання розплаву на поверхню валків. В іншому випадку розплав буде відкинутий в сторону без переробки його у волокно.

Волокна, що утворилися, **відкидаються** в сторону відцентровою силою, підхоплюються потоком повітря і відносяться в **камеру волокноосадження**, де вони осідають на поверхню сітчастого конвейєру. Більш важкі **корольки** відкидаються **далі**, збираються і можуть подаватися в плавильний агрегат **на повторну переробку**.

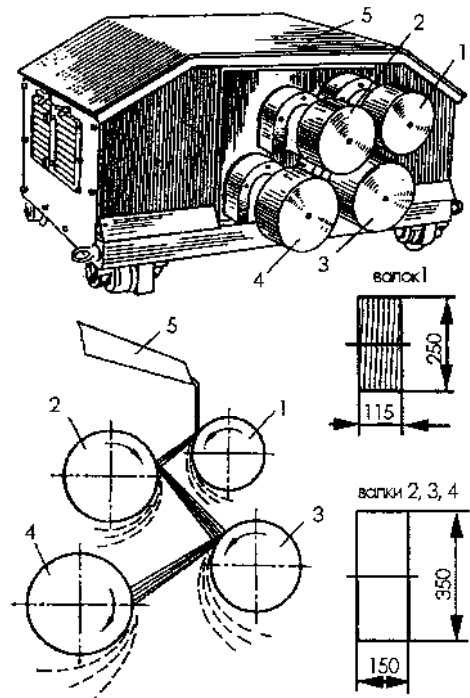


Рис. 3.27 Зовнішній вигляд 4-валкової центрифуги і схема обробки на ній мінерального розплаву:  
1 – валок центрифуги з гвинтовою різьку;  
2,3,4 – гладкі валки центрифуги;  
5 – вагранка

**Відцентрово-валковий** спосіб з центральною роздаточною чашею (рис.3.28) реалізовано на багатьох підприємствах по виробництву мінеральної вати.

Розплав, який поступає в горизонтально розташовану чашу 1 діаметром 200 мм, що обертається з частотою  $1500 \text{ c}^{-1}$ , під дією відцентрових сил виливається через її край у вигляді тонких плівок і струмків і попадає на поверхню горизонтально розміщених **валків 2** діаметром 500 мм, які обертаються з частотою  $5000 \text{ c}^{-1}$ , де в момент відриву від них остаточно формуються волокна. Дуже тонкі волокна, що відлітають в сторону, охолоджуються в паро-повітряному потоці і відносяться в камеру волокноосадження. Валки центрифуги пустотні, охолоджуються зсередини водою.

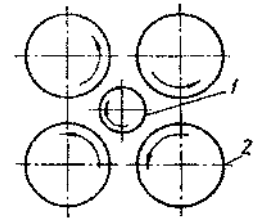
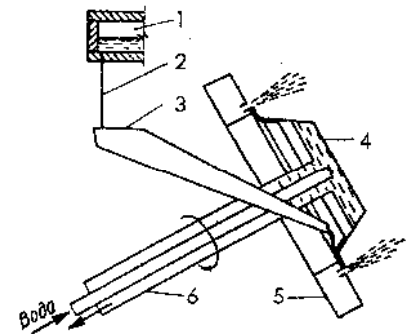


Рис. 3.28 Схема центрифуги фірми "Франк-Ізоль" (вид згори):  
1 – центральна роздатальна чаша;  
2 – валки

**Комбіновані способи** об'єднують як силу дуття, так і відцентрову силу.

**Відцентрово-дутьовий** спосіб (рис.3.29).

Ваграночний **розплав** з температурою  $1300-1350^{\circ}\text{C}$  поступає по направляючому жолобу на внутрішню частину бокової стінки чаші центрифуги. За рахунок високої частоти обертання чаші ( $1000-4000 \text{ c}^{-1}$ ) розплав розподіляється по внутрішній стінці чаші, а потім зривається з країв чаші у вигляді струменів і крапель, остаточне витягування в волокно яких відбувається під дією енергоносія. Його подають через отвори діаметром біля 3 мм, які розташовані по колу дутьового кільця на відстані 15-20 мм одне від одного. В якості енергоносіїв використовуються, як правило, пара або повітря при тискові 0,6-0,8 МПа. Як правило, для безперебійної роботи кожна вагранка забезпечується двома відцентрово-дутьовими установками, продуктивність яких до 3000 кг розплаву за годину. Конструкція відрізняється простотою і надійністю.





---

Схема одержання волокна по відцентрово-фільтр'єрно-дутьовому способу зображена на рис.3.30.

Розплав подають всередину полого валу, який обертається з частотою  $3000 \text{ с}^{-1}$  і на кінці якого знизу знаходиться фільтр'єрна чаша, яка має в своїх стінках до 6000 отворів діаметром біля 1 мм.

З фільтр'єрних отворів при обертанні чаши витікають тонкі струмки розплаву і попадають під подвійний вплив - відцентрових сил і аеродинамічних сил енергоносія. Тому вони витягуються в дуже тонкі (1-2 мкм) волокна, в яких практично відсутні сторонні включення. Енергоносій у вигляді гарячого газу з температурою близько  $1100^{\circ}\text{C}$  з великою швидкістю поступає з кільцевої дутьової головки в зону фільтр'єрних отворів чаши. Потік газу, направлений вниз, відносить волокна, що утворились, в камеру волокноосадження.

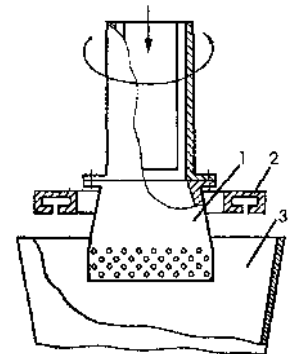
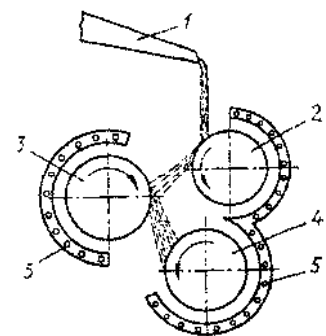


Рис. 3.30 Схема відцентрово-фільтр'єрно-дутьової установки:  
1 - порожнистий оборотний вал з фільтр'єрною чашею;  
2 - кільцеве сопло;  
3 - камера волокноосадження

Можливе регулювання технологічних параметрів установки за рахунок зміни швидкості енергоносія і швидкості обертання чаши з фільтр'єрами.

---

До комбінованого можна віднести і спосіб з використанням трьох валкової центрифуги з дутьовим пристроєм біля кожного ступеню (рис.3.31). Струмінь розплаву з вагранки, попадає на швидкообертаючі валки центрифуги, потім розщепляється і витягується в волокно не тільки за рахунок відцентрових сил, але й під дією потоку енергоносія, що обдуває валки центрифуги з напівкільцевих дутьових пристроїв.



#### 4.5.4. Види теплоізолюючих виробів з мінеральної вати

Залежно від виду і ступеню обробки мінеральної вати теплоізоляційні вироби бувають:

- **сипучі матеріали** (гранульована мінеральна вата) ГОСТ 4640-93;
- **гнучкі рулонні вироби** (мати прошивні, мати на синтетичному зв'язуючому - мінераловатний волок) ГОСТ 9573-82, ГОСТ 21880-86, ;
- **шнурові матеріали** (джгути, шнури) ГОСТ 9573-82;
- **жорсткі вироби** (плити, скорлупи, оболонки, сегменти на органічному і неорганічному зв'язуючому) ГОСТ 22950-78, ГОСТ 23208-83.

Навіть проста обробка мінеральної вати – грануляція – значно поліпшує її основні експлуатаційні характеристики: зменшує кількість корольків, знижує середню щільність, підвищує пружність.

Гнучкі рулонні **прошивні мати** з нескріпченими або частково скріпченими між собою волокнами вати за допомогою зв'язуючого виробляють шляхом розміщення мінераловатної ковдри в гнучку оболонку (водостійкий папір, тканину, сітку, поліетиленову плівку, алюмінієву фольгу і т.п.) з послідуною прошивкою їх нитками, шпагатом, дротом і т.п.

Гнучкі рулонні **не прошивні мати** виготовляють скріпленням між собою волокон за допомогою **зв'язуючого**.

Всі інші види мінераловатної продукції виготовляються з використанням зв'язуючого, від виду і кількості якого залежать ступінь жорсткості і механічна міцність виробів.

Деякі види готових виробів з мінеральної вати і показники їх основних властивостей наведено на рис.3.32.

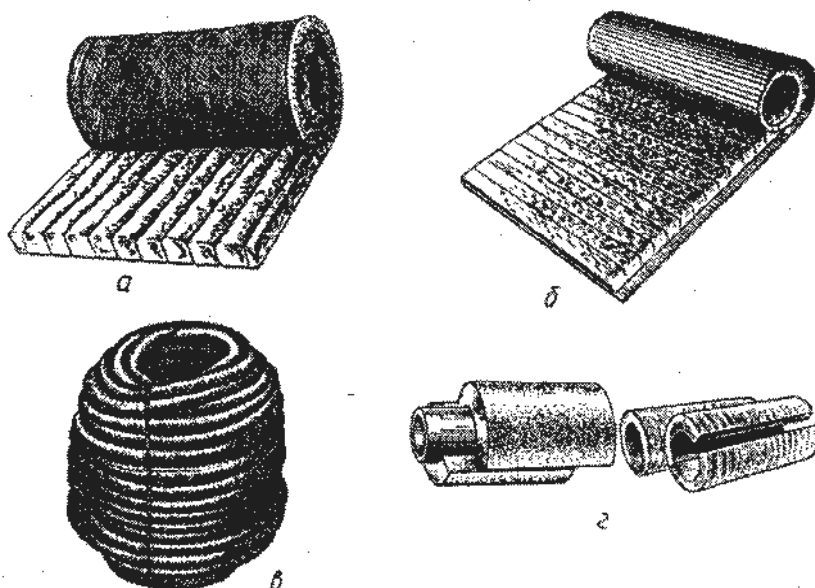


Рис. 3.32 Вироби з мінеральної вати:  
а - прошивні мати; б - ламельні мати;  
в - гнучкий пух-шнур; г - шкаралупи і циліндри

#### 4.5.5. Зв'язуючі речовини і способи їх змішування з мінеральною ватою

Основне призначення зв'язуючого - **створювати контакти** між окремими мінеральними волокнами для фіксування волокнистої макроструктури дисперсної системи при одержанні виробів з заданими експлуатаційними характеристиками.

У виробництві мінераловатних виробів найбільш широко використовують **органічні зв'язуючі речовини**.

**Мінеральні зв'язуючі**, не дивлячись на їх меншу вартість, **недефіцитність**, **нетоксичність**, **не користуються популярністю** у виробничників в силу їх **низької адгезії** до мінерального волокна, малої міцності і високої середньої щільності виробів, що отримуються при застосуванні таких зв'язуючих. Використання таких зв'язуючих можливе в окремих випадках, коли потрібно одержати жорстку нееластичну макроструктуру без особливо суворих обмежень по середній щільності.

До групи мінеральних зв'язуючих входять цементи, глини, трепел, діатоміт, розчинне скло і інше.

Основні вимоги до зв'язуючих речовин:

- висока адгезія і здатність рівномірно розподілятися по волокну матеріалу;
- достатньо висока когезія зв'язуючого після його затвердіння;
- водорозчинність при приготуванні робочих розчинів або здатність утворювати стійкі емульсії;
- водо- і термостійкість в отвердженому стані;
- довговічність;
- нетоксичність;
- недефіцитність компонентів зв'язуючого;
- низька усадка, яка повинна виключати появу в зв'язуючому, що затверднуло, тріщин;
- строки отвердження повинні знаходитися в рамках прийнятої технології.

*Органічні зв'язуючі* відповідають більшості з перерахованих вимог і зараз найбільш повно можуть задовольнити промисловість теплоізоляційних матеріалів на основі мінеральної вати. До групи таких речовин відносяться багато синтетичних смол, бітуми, декстрин, крохмаль та інше.

Для розчинення зв'язуючих найбільш часто використовуються такі популярні розчинники, як вода, спирти, ефіри, а такі розчинники як бензин, бензол, ксилол і інші використовуються не так часто.

Найбільш розповсюдженим видом синтетичного зв'язуючого в виробництві мінераловатних виробів є фенолформальдегідні смоли, зокрема такі як термореактивні фенолспирти. В останній час все більше використовуються і карбамідні смоли.

---

Існує декілька способів введення зв'язуючих речовин при виробництві мінераловатних виробів:

- пульверизацією;

- поливом з послідуочим віджимом і вакуумуванням;
- одержанням гідромас (мокрый спосіб).

По способу пульверизації розчин або емульсію зв'язуючого у вигляді аерозолі наносять на мінеральну вату в камері волокноосадження за допомогою форсунок.

При поливі з віджимом і вакуумуванням зв'язуючий матеріал у вигляді безперервного плоского струменю падає на мінераловатну ковдру, що рухається. Далі, ковдру доуцілюють, віджимають від надлишкової вологи і вакуумують в результаті чого оптимізується вологість матеріалу. Надлишок зв'язуючого після попадання в басейн знову повертається в поливочну ванну з жолобом.

Переваги способу – більш висока міцність у порівнянні з аерозольним введенням зв'язуючого (в 2-3 рази), менші втрати зв'язуючого.

Недоліки способу - підвищена середня щільність готових виробів, підвищена вологість мінераловатної ковдри (70-80% маси), необхідність використання складних технологічних прийомів (вакуумування, пресування, віджим і т.п.), а також необхідність сушіння. Спосіб використовують для одержання жорстких і твердих мінераловатних плит.

---

При одержанні гідромас розрізняють два способи формування мінераловатних виробів: підпресовки і відливки (рис.3.35).

В обох випадках суха мінераловатна ковдра попадає з камери волокноосадження в змішувач, куди подають розчин зв'язуючого.

Перемішану мінеральну вату з розчином зв'язуючого і іншими компонентами розкладають шаром на безперервно рухаючийся конвейєр, після чого його вакуумують і піддають термообробці.

Головна відмінна риса методів - різниця в співвідношенні «тверда фаза - рідина». Спосіб підпресовки дозволяє використовувати гідромаси з

співвідношенням мінеральної вати до розчину від 1:3 до 1:10, литьова технологія потребує **більших витрат** зв'язуючого.

Плити, одержані з **гідромас**, відрізняються **жорсткістю і міцністю** при стиску.

**Недоліки** цього способу: підвищена **вологість** ковдри, необхідність **вакуумування**, підвищена енерго- і металосмність, подрібнення вати в процесі її перемішування, порівняно невисока міцність при згині.

**4.5.6. Формування виробів.** Існує два основних способи формування мінераловатних виробів:

- конвеєрний (стрічковий);
- пресовий

**Конвеєрні способи.** По конвеєрній технології з використанням синтетичного зв'язуючого **виготовляють основний об'єм мінераловатних виробів**. Технологічний процес передбачає:

- одержання силікатного розплаву;
- одержання мінерального волокна з розплаву;
- приготування розчину зв'язуючого;
- одержання мінераловатної ковдри, яка зволожена розчином синтетичного зв'язуючого;
- формування і термообробка мінераловатного масиву заданої щільності;
- розрізування на вироби заданих розмірів;
- упаковку і складування готової продукції.

---

Одержане мінеральне волокно попадає в **камеру волокноосадження**, на сітчастому конвейері якої утворюється **мінераловатна ковдра**. Для відділення корольків на торцевій частині камери встановлюють стальну плиту.

При виробництві **рулонних прошивних матів** після камери волокноосадження встановлюють **станок для прошивки** мінеральної вати, після якого ковдру обрізають, згортають в рулон і відправляють на склад.

---

Після нанесення зв'язуючого та попередньої калібровки мінераловатна ковдра через проміжний конвейєр подається в камеру полімеризації на термообробку. Тут ковдра доущільнюється до заданої щільності і термообробляється (120...160°C), в результаті чого протікає тверднення зв'язуючого.

Підпресовка мінераловатної ковдри виконується між двома парами конвейєрів. Кожна пара складається з сітчастого конвейєра.

---

За конвеєрним способом з використанням синтетичного зв'язуючого можливе формування:

- рулонних виробів (прошивні мати і мінераловатний волок);
- мінераловатних циліндрів різного діаметру;
- плит різної жорсткості (ПМ - м'які, ПП - напівжорсткі, ПЖ - жорсткі, ППЖ - підвищеної жорсткості) і інш.

---

*Плити підвищеної жорсткості (ППЖ)* відносяться до високоефективних мінераловатних виробів. Середня щільність плит підвищеної жорсткості приблизно в 1,5 рази більша, а жорсткість в 5-15 разів вища аналогічних показників рядової промислової продукції.

Плити підвищеної жорсткості по конвеєрній технології виготовляють трьома способами:

- спосіб стрічкового формування;
- спосіб формування блоковим методом;
- спосіб формування з гідромас.

---

При способі стрічкового формування синтетичне зв'язуюче можна сводити способом розпилення або полива мінераловатної ковдри. Потрібна жорсткість плит, в даному випадку, досягається за рахунок підвищення вмісту зв'язуючого до 10% і збільшення тиску підпресовки в камері полімеризації.

---

Блоковий спосіб одержання ППЖ дозволяє одержувати ламельні плити підвищеної жорсткості без збільшення їх середньої щільності за рахунок вертикального орієнтування мінеральних волокон.

---

Спосіб формування ППЖ із гідромас складається з трьох основних технологічних операцій:

- одержання гідромаси;
  - формування з неї безперервної мінераловатної ковдри;
  - термообробка відформованої мінераловатної ковдри.
- 

Пресовий спосіб формування мінераловатних виробів включає наступні основні технологічні операції :

- одержання зв'язуючого у вигляді водно-бітумної емульсії;
- розпушування мінеральної вати;
- одержання гідромаси з емульсії зв'язуючого і мінеральних волокон;
- формування виробів з гідромас;
- теплова обробка виробів.

Відмінною особливістю технології жорстких виробів на бітумному зв'язуючому пресовим способом є її циклічність.

---

**4.5.7. Виробництво декоративно-акустичних плит «Акмігран».** Декоративно-акустичні плити «Акмігран» виготовляють, так званим, напів-сухим способом, при якому зв'язуючий розчин не виділяється з масиву сирової плити.

Технологія відноситься до конвеєрного типу і передбачає формування волокнистої мінераловатної ковдри з високов'язкої формувальної маси на суцільній стрічці конвеєра, що рухається, або у формах-піддонах, які переміщуються ланцюговим конвеєром.



В'язкість формувальній масі дає крохмаль, який входить до складу зв'язки. Вологість маси 300-350%.

В якості сировинних матеріалів використовують мінеральну вату, технічний крохмаль, каолін, добавки, що покращують властивості виробів.

Необхідно використовувати вату з діаметром волокон 6-8 мкм і мінімальною кількістю корольків.

Крохмаль в холодній воді нерозчинний, адсорбційна вологість його 25-30%. З підвищенням температури йде гідратація (клейстеризація) крохмалю і він вбирає воду. При максимальній клейстеризації крохмаль може зв'язати до 2500% води.

В результаті введення каоліну зменшується усадка матеріалу, підвищується його вогнестійкість і вихід клеючої маси.

Приблизний склад маси для плит (в частинах по масі):

- |                   |          |
|-------------------|----------|
| – мінеральна вата | - 100;   |
| – крохмаль        | - 12-14; |
| – каолін          | - 14-20; |
| – парафін         | - 1,5;   |
| – борна кислота   | - 0,5-1. |

Основними технологічними операціями є:

- грануляція мінеральної вати;
- приготування крохмально-каолінового зв'язуючого;
- одержання формувальної маси;
- формування заготовок;
- сушіння;
- механічна обробка (обрізка, калібрування);
- фарбування лицьової поверхні;
- упаковка і складування готової продукції.

Зв'язуюче на основі крохмалю готують в такій послідовності: приготування суспензії крохмалю в холодній воді;

- одержання крохмально-каолінової суспензії;
- варка при температурі 85-90°C крохмально-каолінової зв'язки;
- послідовне введення при безперервному перемішуванні добавок, які покращують техніко-експлуатаційні характеристики виробів.

Після формовки плити направляються на [термообробку](#), яка виконується, як правило, в тунельних сушилах протягом 16-24 год при температурі 160-170°C до залишкової вологи біля 1%.

Сухі заготовки після термообробки направляють [на механічну обробку](#): шліфування, розрізування на плити потрібного формату, обрізання країв, зняття фасок, створення монтажних пазів, нанесення малюнку, фарбування.

---

## 4.6. Ніздрювате скло

Залежно від в'язучого, що використовується, розрізняють **два види** ніздрюватого скла:

- піноскло, що одержується з використанням, як основного вихідного компонента **твердого тонкомеленого скла**;
- поризовані вироби **на основі рідкого натрієвого скла**, тонкомелених наповнювачів і спеціальних додатків.

Ніздрювате скло на основі твердого скла часто називають *піносклом*, оскільки такий пористий матеріал зовні схожий на застиглу піну зі сферичними порами, розділеними тонкими скляними перегородками (рис.4.29).

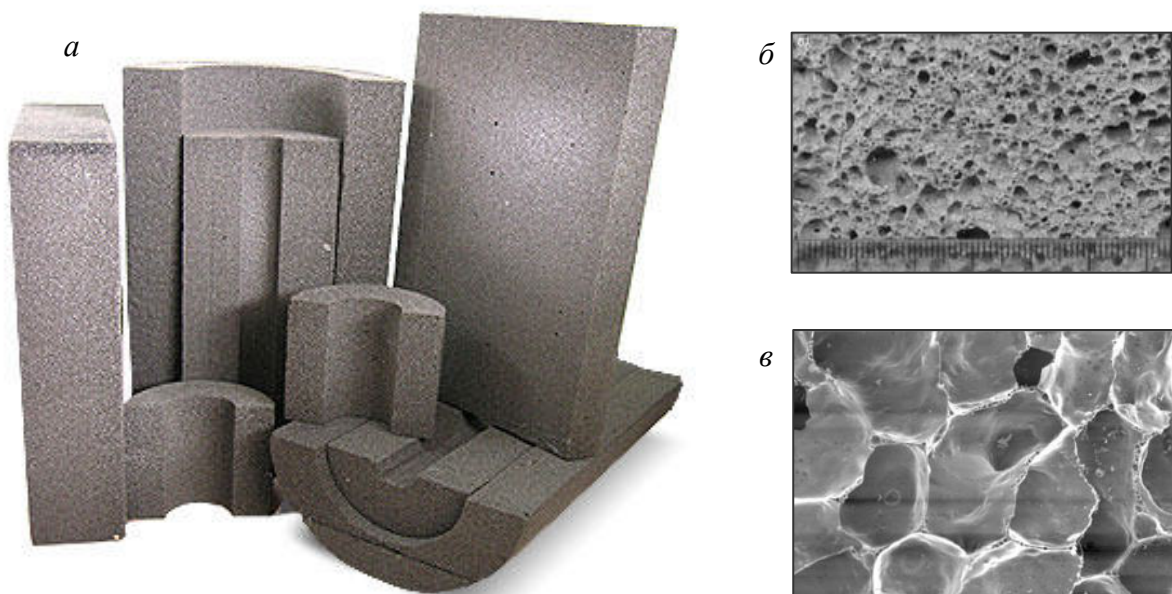


Рис.4.29. Вироби з піноскла (а), макро- (б) та мікроструктура (в) піноскла

Піноскло легко піддається механічній обробці: пиляється, свердлиться, шліфується, в нього можна забивати цвяхи.

Воно має високу біостійкість. Використовується при організації традиційних “зелених дахів” в скандинавських країнах.

Середня густина –  $150 \dots 800 \text{ кг/м}^3$  залежно від виду газотворювача, тривалості спучення, температури, ступеню подрібнення порошкоподібних газотворювача і скла.

Піноскло характеризується підвищеною міцністю і коефіцієнтом конструктивної якості в порівнянні з іншими ніздрюватими матеріалами, що пояснюється високою міцністю скловидної фази. Співвідношення між міцністю і його середньою щільністю може бути виражене залежністю:

$$R_{ст} = 0,2\gamma_0 - 20 \quad (3.20)$$

де:  $R_{ст}$  - міцність при стиску,  $\text{кг/см}^2$ ;

$\gamma_0$  - середня щільність піноскла,  $\text{кг/м}^3$ .

Пористість складає 80-95% загального об'єму піноскла. Характер пор закритий, за виключенням звукоізолюючого і фільтруючого піноскла, у якого переважають пори, що сполучаються.

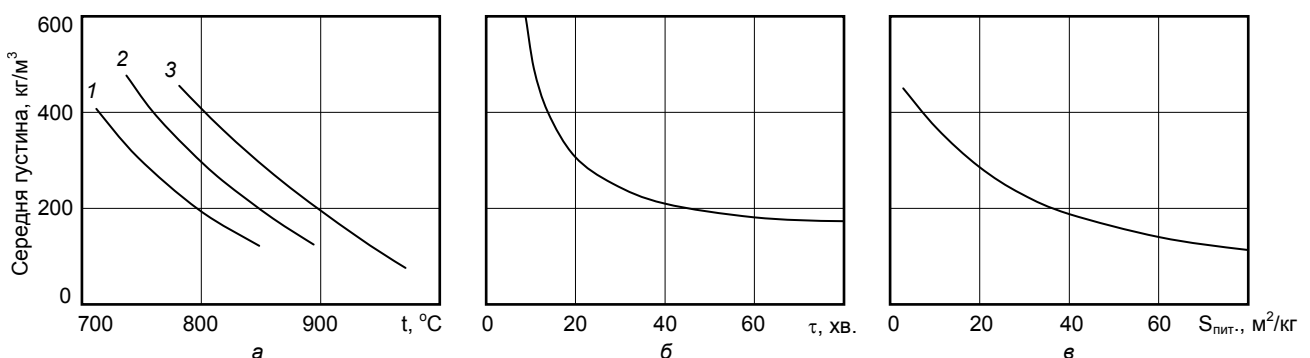


Рис.4.30. Залежність середньої густини піноскла:

а – від температури спінення і виду газотворювача: 1 – антрацит; 2 – сажа; 3 – кокс;

б – від тривалості спучення;

в – від питомої поверхні шихти (скло + газотворювач)

---

Розмір макропор, які складають ніздрювату структуру піноскла, 0,1...3 мм. Крім них існують мікропори, які пронизують перегородки між макропорами. Розмір мікропор 1-10 мкм. Для всіх видів піноскла зменшення розмірів пор тягне за собою поліпшення їх якісно-експлуатаційних характеристик.

---

Піноскло має **невисоку теплопровідність** (0,055...0,085 Вт/м·°С), що забезпечується високою ступінню поризованості, малими розмірами пор і склоподібним станом каркасу.

**Коефіцієнт звукопоглинання** для піноскла з сполученою пористістю 0,5...0,65 в інтервалі частот 600...1200 Гц, що відповідає вимогам нормативних документів до акустичних матеріалів.

**Термостійкість піноскла висока** аж до температури розм'якшення, яка використовується для виробництва матеріалу скла.

**Матеріал негорючий**, межа температури використання у звичайних промислових стекол складає 400-500°С, безлужних - до 600°С, висококремнеземистих - до 1000°С.

---

Відомо **декілька способів одержання** ніздрюватої структури піноскла:

- холодний - одержання при звичайній температурі піноскляної «сирої» маси, яка включає молоте скло і піноутворювач, з послідуною фіксацією структури спіканням частинок скла при високій температурі;
- введенням до складу шихти речовин, які утворюють при варці скла велику кількість піни;

- використання вакууму для спінення розм'якшеного скла;
- порошковий - спіканням порошкоподібної суміші скла з газоутворювачем.

Найбільше розповсюдження одержав порошковий спосіб, який дозволяє регулювати фізико-механічні властивості піноскла у широких межах за рахунок зміни виду газоутворювача, хімічного складу скла, температурного режиму термообробки. Промисловість випускає по цьому способу декілька типів піноскла: монтажне, звукоізоляційне, фільтруюче, спеціальне термостійке.

---

#### **4.6.1. Фізико-хімічні основи виробництва піноскла порошковим способом**

Суть методу у слідуючому - форми, які заповнені шихтою, що включає в себе тонкомолоте скло і газоутворювач (0,5-3% по масі), нагрівають до температури спінення і охолоджують.

Розм'якшення і спікання частинок скла починається при 600°C. Подальший підйом температури знижує в'язкість скла, сприяє виділенню газів внаслідок розкладання газоутворювача і спучення скломаси із значним збільшенням її об'єму.

При досягненні необхідного ступеню поризації, температуру в печі знижують. При цьому припиняється виділення газів і фіксується ніздрювата макроструктура піноскла по причині різкого збільшення його в'язкості.

---

#### **4.6.2. Сировинні матеріали**

В якості сировини при виробництві піноскла можливе використання бою тарного і віконного скла, відходів скловиробництва, спеціально зва-

реного гранулята скла, легкоплавких луговміщуючих гірських порід, а також різних газоутворювачів.

---

**4.6.3. Технологія піноскла** включає в себе такі основні етапи:

- одержання скляного розплаву;
- виробництво з скляного розплаву скляного грануляту;
- одержання шихти;
- спінювання і віджиг (відпуск);
- обробка, упаковка, складування.

**Скляний розплав** одержують у ванних печах. **Гранулят** утворюється при різкому охолодженні витікаючих з печі струменів розплаву, які сильно зрошуються водою, що виключає його кристалізацію.

Далі йде **подрібнення грануляту** або скловідходів і **кускового газоутворювача** на дробарках до розміру зерен не більше 3 мм з **послідуючим сумісним помелом** в кульових млинах безперервної дії до питомої поверхні 500-700 м<sup>2</sup>/кг.

**Спучення і віджиг** виконують в жаростійких сталевих або чавунних формах по одно- або двохстадійному режиму (рис.3.54) або на безперервно рухаючомуся жаростійкому конвейері.

---

Незважаючи на ряд цінних техніко-експлуатаційних властивостей, нідрювате скло зараз використовується в недостатньо широких масштабах, що пояснюється енерго- і матеріалоемністю його одержання, а також дороговизною і дефіцитністю сировини.

---

## Поризовані вироби на основі рідкого скла

Пористість матеріалу досягає в середньому 98-99,6%, макроструктура – ніздрювата.

---

Практично при вільному спученні негранульовані рідкоскляні матеріали мають **середню щільність** 10...200 кг/м<sup>3</sup>.

**Теплопровідність** найбільш легких матеріалів (сіліпора і склопора) складає 0,028-0,035 Вт/м·°С. Для інших рідкоскляних спучених матеріалів теплопровідність не перевищує 0,065 Вт/м·°С.

**Температурний діапазон використання** виробів на основі спученого рідкого скла від –200 до +660°С. Збільшення силікатного модуля рідкого скла збільшує термостійкість матеріалу.

В якості **сировинних** матеріалів використовують **рідке натрієве скло**, **тонкодисперсні мінеральні наповнювачі і спеціальні добавки**.

---

**Технологія** одержання матеріалів на основі спученого рідкого скла (**склопору**) складається з наступних операцій:

- введення до складу рідкого скла технологічних добавок;
- часткове зневоднення рідкоскляної суміші;
- грануляція рідкоскляної суміші;
- спучення грануляту.

Спучення виконується в формах або без них в камерних або щілинних печах при температурі не вище 500°С за рахунок виходу води, яка є в гранулах бісерного склопору при переході скла в піропластичний розм'якшений стан.

---



Виробництво *сілітору* відрізняється від виробництва склопору *суміщенням грануляції і спучення* в одній операції, яка виконується при розпиленні рідкоскляної суміші в баштовій сушилці. Одержані спучені зернисті продукти використовують для виробництва виробів з використанням різних органічних і мінеральних зв'язуючих або як засипочний матеріал в заповнення пустот, наприклад в сотопластах.

#### 4.7. Вироби з гірських порід та мінералів, що спучуються

**Загальні відомості.** До гірських порід, що спучуються, відносяться *водовміщуючі склоподібні* вивержені гірські породи (перліти, обсидіани, мареканіти, вітрофіри, туфи, пехштейни і т.п),

а також *вторинні слюди* (вермікуліт, сильно гідратовані слюди - гідробіотит, гідрофлогопіт).



Рис.4.31. Спучений перліт

##### 4.7.1. Фізико-хімічні і технологічні особливості процесу спучення перліту, властивості продукту

*Обпалювання* перліту є головною технологічною операцією, яка в значній мірі визначає основні якісні характеристики спучуваного матеріалу.

Спучення попередньо диспергованої породи проходить в момент пере-

ходу її в пластично-в'язкий (піропластичний) стан при нагріванні і пов'язане, головним чином, з виділенням хімічно і фізично зв'язаної води у вигляді пари і, частково, за рахунок виділення  $\text{CO}_2$  і  $\text{O}_2$ .

Ефективність процесу спучення оцінюється **коефіцієнтом спучення** – відношенням об'ємів спученої породи до вихідної, який може бути в межах 8...15.

**Спучуваність** перліту знаходиться в прямій залежності від його **дисперсності**. У виробничих умовах **коефіцієнт спучення зернового перліту** (розмір зерен до 1,5 мм) повинен **бути не менше 6**, кускового (розмір 5-10 мм) - не менше 4.

Обов'язковою умовою хорошої спученості перліту є вміст в ньому 1-3% оптимальної кількості або так званої «ефективної» води. В цьому випадку сировина спучується **по одностадійній схемі** - зразу ж подається на термообробку.

Якщо кількість води в сировині перевищує оптимальну, то спучення ведеться **в дві стадії**: спочатку при температурі 200-400°C сировина **термообробляється для виділення надмірної води до оптимальної її кількості**, а потім перліт з «ефективною» кількістю води подається в зону високих температур, де він спучується.

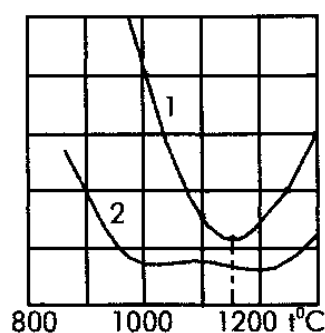


Рис. 3.56 Залежність середньої густини спучених перлітів від температури спучення:  
1 -- сергійвський перліт;  
2 -- богопольський перліт

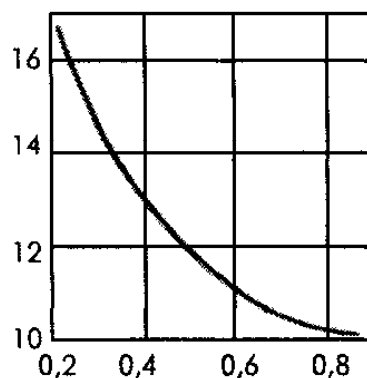


Рис. 3.57 Залежність спучення перліту від розміру його зерен

Для термообробки перліту можливе використання **обертових барабанних печей, різних сушилок, печей киплячого шару і інших теплових агрегатів.**

Зараз найбільше розповсюдження для термообробки перліту отримали **шахтні і обертові печі.**

---

Шахтна піч (рис.3.58, а) має внутрішній діаметр 0,6 м і висоту 7,7 м. Подрібнений матеріал подають через завантажувальні воронки, встановлені на різних рівнях, що дозволяє міняти висоту вільного падіння частинок і, таким чином, регулювати режим їх спучення.

Дрібні частинки перліту, попадаючи в потік розжарених газів, що рухаються знизу догори, спучуються зразу і виносяться з газами в циклони, де осаджуються. Більш крупні долітають до факельної зони, спучуються, знаходяться якийсь час у зваженому стані і за рахунок зменшення середньої щільності виносяться з печі разом з димовими газами в систему уловлювання (циклони), де розділяються по фракціям, а відпрацьовані гази знепилюються і викидаються в атмосферу або утилізуються, якщо їх температура достатня, в виробничих процесах. Час спучення перліту в шахтній печі у зваженому стані вираховується секундами.

---

Спучення **більш крупної сировини (до 12 мм)** реалізують в **обертових печах** (рис.3.56, б) за рахунок подовження її перебування в зоні обпалювання. Час обпалювання залежить від фракційного складу сировини. Для частинок розміром 3-5 мм він складає біля 15 сек, для фракцій 7-10 мм - 30-45 сек. Загальна протяжність обпалювання, як правило, 3-5 хвилин. Печі встановлені під кутом до 8°, довжина їх 6-10 м, діаметр 0,5-1,5 м, швидкість обертання 8-22 с<sup>-1</sup>.

*Середня щільність* спученого перлітового піску, відповідно вимог стандарту, 75-500 кг/м<sup>3</sup>; піску, що використовується як засипочний матеріал - 80-120 кг/м<sup>3</sup>, як заповнювач для легких бетонів - 150-300 кг/м<sup>3</sup>.

*Теплопровідність перлітового піску* залежить від його середньої щільності і дорівнює 0,047-0,093 Вт/м<sup>0</sup>·С.

Мінімальною теплопровідністю характеризуються фракції 0,1-0,6 мм, яких в звичайному перлітовому піску вміщується до 50% по масі.

Середня щільність *перлітового щебеню* складає 300-600 кг/м<sup>3</sup>, міцність при стискові - 1,5-4 МПа. Теплотехнічні характеристики виробів на основі перлітового щебеню, який використовується тільки як заповнювач, крім вищезгаданих факторів, залежать також від його гранулометричного складу, виду і витрат зв'язуючого.

*Водопоглинання і гігроскопічність* спученого перліту високі за рахунок відкритої високопоризовані макроструктури з гідрофільною поверхнею. Вона активно сорбує пароподібну вологу, кількість якої зростає із зменшенням розміру зерен перліту.

*Акустичні властивості.* Маючи добре розвинуту відкриту пористість і жорстку структуру, перлітовий пісок є хорошим звукоізолюючим матеріалом. В діапазоні частот 100-1100 Гц коефіцієнт звукопоглинання відповідно дорівнює 0,1-0,95. Тому його широко використовують при виробництві звукоізолюючих блоків і плит, для акустичних штукатурок.

#### 4.7.2. Процес спучення вермикуліту, властивості продукт

Спучений вермикуліт - *сипучий* теплоізоля-

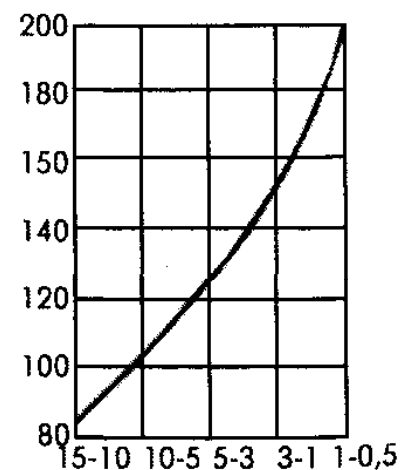


Рис. 3.59 Вплив розміру зерен спученого вермикуліту на його середню густину

ційний матеріал із **слоїстою** сполученою пористістю, зерна якого складаються з пакетів деформованих слюдяних пластин, які мають золотисто-латунний колір.

---

Спучення проходить головним чином за рахунок **механічної дії пружної водяної пари**, яка миттєво утворюється при термообробці зерен вермикуліту. При цьому розщеплюються і розсовуються пластини слюди в напрямку, перпендикулярному площині спайності, із збільшенням об'єму зерен в 15 і більше разів. По аналогії з перлітом, якість спучення вермикуліту оцінюється **коефіцієнтом спучення**, значення якого дорівнює 4-40.



Рис.4.32. Спучений вермикуліт

На спучення направляють частинки **не більше 15 мм**. Обпалювання може виконуватися **в шахтних і трубчатих печах** в зваженому стані.

---

По нормативним документам (ГОСТ 12865-67) спучений вермикуліт по **середній щільності** ділять на три марки - **100, 150 і 200**, а по фракційно-

му складу відповідно - на крупний (розмір зерен 5-10 мм), середній (0,6-5 мм) і дрібний (< 0,6 мм).

**Теплопровідність** матеріалу складає **0,056-0,07** Вт/м<sup>0</sup>С і залежить від середньої щільності, розміру зерен і температури експлуатації.

**Матеріали і виробы на основі спученого перліту і вермикуліту.** На основі спучених перліту і вермикуліту з використанням різних зв'язуючих матеріалів виготовляють теплоізоляційні матеріали двох типів:

- *безобпалювальні* - цементперліт, силікатоперліт, склоперліт, бітумоперліт, гіпсоперліт, асбестовермікуліт, вермікулітобетон;
- *обпалювальні* - керамоперліт, перлітофосфат, керамовермікуліт.

---

## 4.8. ФІБРОЛІТ

**Фіброліт** – це **плитний матеріал**, волокниста структура якого утворюється в результаті омоноличування деревинної шерсті мінеральним в'язучим.



Рис.4.42. Фіброліт плитний

---

**Види і властивості фіброліту** визначаються видом в'язучого, залежно від якого розрізняють:

- цементний,
  - магнезіальний,
  - магнезіально-доломітовий,
  - цементно-вапняний,
  - вапняний,
  - вапняно-трепельний,
  - гіпсовий.
- 

Залежно від *призначення* розрізняють:

- теплоізоляційний фіброліт з середньою щільністю до 350 кг/м<sup>3</sup>;
- акустичний - 350-400 кг/м<sup>3</sup>;
- теплоізоляційно-конструктивний - 400-500 кг/м<sup>3</sup>.

Фібролітові плити *не водостійкі* і тому потребують захисту від зволоження.

---

В захищеному від вологи стані фіброліт *біостійкий*. Однак при 35%-у зволоженні він *уражається грибком*.

---

Фіброліт - важкозгоряемий матеріал. Він не горить, а лише тліє в присутності відкритого вогню.

---

Плити з фіброліту легко піддаються механічній обробці пиляться, свердяться, добре фарбуються і оштукатурюються.

---

*Сировина для виготовлення фіброліту –*

- деревинна шерсть,
- цемент
- і мінералізатор.

Для одержання *деревинної шерсті* використовують неділову деревину з попередньо знятою корою, так як у корі вміщується значна кількість екс-

трагуючих речовин, що негативно впливають на тверднення в'язучих.

В самій деревині також вміщується ціла гама **органічних речовин** –

- лігнін,
- геміцелюлоза,
- смолисті і екстрактивні речовини,
- цукристі сполуки,
- мінеральні солі,

частина яких під дією лужного середовища портландцементного розчину переходять в водорозчинні цукристі сполуки, які можуть дуже **негативно** впливати на тверднення цементного каменю і знизити його міцність в 5-10 разів.

Після витримування деревини на складах на протязі до 6 місяців вміст екстрактивних речовин в ній зменшується за рахунок їх окислення і переходу в важкорозчинну форму.

---

*Деревинна шерсть* являє собою тонку і довгу деревинну стружку довжиною 200-500 мм, шириною 2-5 мм і товщиною 0,2-0,6 мм. Можлива часткова заміна деревинної шерсті звичайною стружкою від стругально-фугувальних станків.

---

*Портланд-, шлакопортландцемент* або інше рівноцінне в'язуче, яке використовується для виробництва фіброліту, повинно бути швидкотверднучим і мати марку не нижче 400. Для покращання кінетики набору міцності можна домелювати цемент до більш високої питомої поверхні. Цемент з вмістом 60%  $C_3S$  і 12%  $C_3A$  є найбільш придатним для одержання фіброліту.

---

*Мінералізатори* призначені для нейтралізації шкідливої дії на цементний камінь цукристих сполук і покращання адгезії цементу до шерсті. Як



мінералізатор використовуються

- водний розчин хлористого кальцію
  - розчинного скла,
  - або сірчаноокислого глинозему, яким зволожують деревинну шерсть.
- 

На виробництво фіброліту марок 300...500 на 1 м<sup>3</sup> продукції витрачається:

- 0,3...0,8 м<sup>3</sup> деревини;
  - 170...270 кг цементу М400;
  - 6...12 кг хлористого кальцію.
- 

Технологія цементного фіброліту включає:

- підготовку сировини (деревинної шерсті);
  - мінералізацію;
  - змішування з цементом;
  - твердіння і теплову обробку плит.
- 

Підготовка сировини включає

- окорювання неділової деревини,
  - витримування її на протязі 4-6 місяців на відкритому повітрі для часткової нейтралізації екстрактивних речовин шляхом переходу їх в менш розчинні форми,
  - розпилювання деревини на відрізки довжиною 0,5 м, одержання деревинної шерсті на спеціальних станках.
- 

Мінералізацію деревинної шерсті виконують в барабанних змішувачах, занурюванням порції деревинної шерсті в ванну з мінералізатором; виконують на шерстотрясках, конвейерах з перфорованою стрічкою. При підігріванні розчину мінералізатора до 40°C мінералізація проходить більш глибоко і повно.

---

Технологія одержання формувальної суміші зараз часто реалізується сухим способом, при якому попередньо зволожена шерсть посипається або обпилюється цементом.

Вологість шерсті при цьому 140-160%.

Якщо портландцемент вміщує менше 50%  $C_3S$ , то операцію мінералізації можна виключити. Витрати цементу залежать від марки фіброліту і виду шерсті і складає 1,3-1,9 кг/кг для марок 300-400 відповідно.

Суміш одержують в змішувачах, які виключають ущільнення і навивання шерсті на вал в процесі її перемішування. Із змішувача фібролітова маса конвеєром із спеціальним розпушувальним пристроєм і валковим розділювачем розподіляється по формам, в яких пресується механічними, гідравлічними або пневматичними пресами.

Товщина шару маси тим вища, чим більша передбачена ступінь ущільнення.

Так, при виготовленні фіброліту марок 300, 350 шар фібролітової маси в формі в 2,5-3 рази більший товщини готової плити. При марках 400, 500 – в 3,5-5 разів.

При одержанні теплоізоляційного фіброліту використовується тиск пресування 0,06-0,1 МПа за рахунок власної маси вищележачих в пакетах форм і спеціальної пригнічувальної плити. Більш щільні плити одержують гідропресуванням при питомому тискові 0,25-0,4 МПа.

Конвеєрний спосіб дозволяє усунути основні недоліки пакетного способу виробництва - циклічність і невисоку продуктивність. При конвеєрному способі фібролітова ковдра поступово обтискується калібруючими елементами до заданої товщини, після чого розрізається на окремі плити і направляється на теплову обробку.

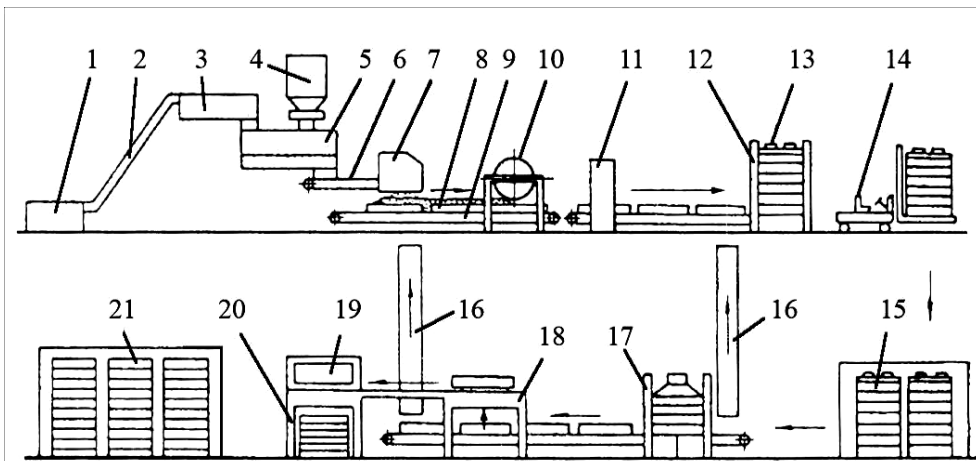


Рис.4.43. Технологічна схема виготовлення фібролітових плит:

1 – верстат для одержання деревинної вовни; 2 – пневмопривід; 3 – вібросито; 4 – бункер з цементом; 5 – змішувач; 6 – стрічковий конвеєр; 7 – скидальний барабан; 8 – форма; 9 – конвеєр; 10 – підпресовальний барабан; 11 – круглопилний верстат; 12 – прес-пакетонабиральник; 13 – завантажувальна плита; 14 – електронавантажник; 15 – камера тверднення; 16 – конвеєр; 17 – розділювач форма і кришок; 18 – розпалубочний пристрій; 19 – обрізний верстат; 20 – штабелеукладальник; 21 – навіс для сушіння плит

**Теплову обробку** виконують у два етапи:

- низькотемпературна тепловолога обробка в формах
- і сушка без форм при загальній протяжності до 48 годин.

При виробництві фіброліту *на шлаколужному в'язучому* виключається процес **тривалого витримування** деревини (4...6 місяців).

Як **мінералізатор** і **затворювач** в'язучого одночасно, використовуються рідке натрієве скло з силікатним модулем  $M_s = 1 \div 3$ .

Замість портландцементу - **молотий доменний гранульований шлак**, а тепловологу обробку без негативних наслідків можна виконувати при **80-90°C** на протязі **7-10** годин.

При раціонально підбраному складу фібробетону і складу самого шлаколужного в'язучого з введенням різних модифікуючих додатків, **розпалубка** виробів можлива уже **через 3-5** годин після формування і тверднення при температурі 18-25°C, після чого виріб може направлятись на сушку (природну або примусову). Це можливо за рахунок виключно висо-

ких фізико-механічних показників шлаколужного штучного цементного каменю.

---

Фіброліт в індустріальному будівництві використовується, в основному, як утеплювач і акустичний матеріал.

---

Фібролітова стіна товщиною 15 см по теплоізоляційним характеристикам рівнозначна цегляній стіні товщиною 50 см. Переважаючий розмір плит з фіброліту, що випускаються, 2400×550×75 мм.

---

## 4.9. Полімерні теплоізоляційні вироби

**Загальні відомості**      Перший пінопласт в бувшому СРСР був одержаний в 1946 році на основі карбамідних смол і звався *мінорою*.

Полімерні теплоізоляційні матеріали є газонаповненими пластмасами, які являють собою двохфазну систему, що складається з полімерного каркасу і рівномірно розподіленої газової фази. Їх можна класифікувати за такими ознаками:

- макроструктурі;
- хімічному складу і природі полімерів;
- способу одержання (технології);
- цільовому призначенню.

*За макроструктурою* газонаповнені пластмаси підрозділяються на три групи:

- *ніздрюваті або пінисті (пінопласти) – пори закриті;*
- *пористі (поропласти) – пори відкриті;*
- *сотові (сотопласти) – пори-пустоти – сотоподібні, каркас сот – з паперу, склотканина, фольги.*

Залежно *від способу переробки* полімерів в пінопласти останні діляться на:

- *пресові*, які одержують в результаті обтискування сировинної суміші в об'ємі форми з послідуєчим спінюванням заготовки;
- *безпресові*, які одержують без зовнішнього тиску. В свою чергу, безпресові пінопласти діляться на:

- *залитні* (пінополіуритан, фенольні пінопласти), які одержують при *спінюванні* вихідних рідких композицій газами, що виділяються;
- пінопласти, які одержують *при спученні* твердих смоляних композицій газоутворювачами (пінопласти на основі твердих фенолформальдегідних смол);
- пінопласти, ніздрювата структура яких одержується за **рахунок механічного втягування повітря в водні розчини, суспензії і емульсії** при інтенсивному перемішуванні з послідуочим отвердінням одержаної ніздрюватої композиції (мочевиноформальдегідні пінопласти);
- пінопласти, що одержуються **омонолічуванням попередньо спученого гранульованого полімеру** (пінополістирол).

По цільовому призначенню газонаповненні пластмаси діляться на:

- теплоізоляційні,
- звукоізоляційні,
- конструктивно-теплоізоляційні.

**4.9.1. Основні властивості газонаповнених пластмас.** *Середня щільність* газонаповнених пластмас 15-350 кг/ м<sup>3</sup> і вище залежить, головним чином, від типу полімеру і кількості газоутворювача, що вводиться (рис.3.64). Збільшення витрат газоутворювача доцільно до деякого рівня, характерного для кожного виду полімеру, після чого середня щільність пінопласту вже не зменшується.

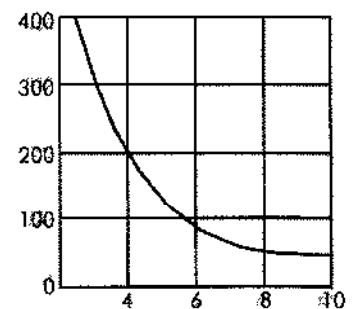


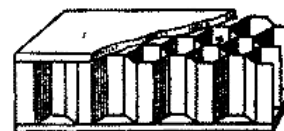
Рис. 3.64. Залежність середньої густини пінополістиролу від кількості введеного газоутворювача

*Теплопровідність* пінопластів є самою низькою серед відомих теплоізоляційних матеріалів - 0,02-0,045 Вт/м·°С. Для кожного типу пінопластів існує оптимальне значення середньої щільності, при якій теплопровідність мінімальна.

---

#### *Фізико-механічні властивості.*

Висока *міцність вихідних полімерів* (20-70 МПа при розтягуванні і 20-250 МПа при стиску) при їх відносно невисокій істинній щільності (1050-1900 кг/м<sup>3</sup>) дозволяють одержувати чудові теплоізоляційні матеріали у вигляді газонаповнених пластмас, коефіцієнт конструктивної якості яких складає 500-1200, що значно вище, ніж у газобетонів (130-150). Сотопласти мають ще більш високий коефіцієнт конструктивної якості - 700-3000.



---

*Температуростійкість (теплостійкість)* визначається відношенням характеристик по міцності і деформативності до дії температури.

Максимальна додатня температура експлуатації *термопластичних* пінопластів не перевищує 75°. Уже при 60°C механічні характеристики полістирольних пінопластів погіршуються на 30-40%. Зараз для кожного з видів пінопластів розроблено ряд антипіренів, які входять до їх складу (органічні фосфор- і галоїдвміщуючі сполуки, амонійні солі різних кислот і інш.). Таким чином, є можливість переводу всіх пінопластів до розряду самозатухаючих. Найбільш високу природну вогнестійкість мають фенольні і мочевиноформальдегідні пінопласти.

Пониження температури до певної межі покращує фізико-механічні характеристики газонаповнених пластмас, після чого вони починають деформуватися з погіршенням властивостей. Граничними від'ємними робочими температурами слід вважати діапазон -60...-180.

*Водопоглинання і гігроскопічність* пінопластів залежать, головним чином, від характеру і ступеню пористої структури, а також від тривалості зволоження.

Найбільш низьке водопоглинання у *пресових* та *екструдованих* пінополістиролів, а також у заливних пінополіуританових пінопластів, у яких переважає замкнута ніздрювата пористість.

---

*Біостійкість* залежить від виду полімерної основи і умов експлуатації. Високу біостійкість (без втрат міцності і маси) мають полівінілхлоридні, фенольні, полістирольні пінопласти. Мочевинформальдегідні пінопласти мають дещо нижчу біостійкість - спостерігається деяке падіння міцності. У всіх випадках захист матеріалу від зволоження сприяє підвищенню його біостійкості.

---

#### **4.9.2. Технологія одержання високопористих полімерних матеріалів і теплоізоляційних виробів на їх основі**

*Полімерний каркас* пористих і пінистих пластмас одержують, використовуючи

- тверді і рідкі полімери і мономери,
- розчини полімерів в мономерах і т.п.

*Спінюючі і піноутворюючі* речовини надають матеріалу *високопоризовану макроструктуру*.

Крім того, в композиції вводять речовини, які покращують її технологічні властивості, фізико-механічні і техніко-економічні показники кінцевої продукції:

- пластифікатори,
  - наповнювачі,
  - каталізатори, інгібітори і інше.
-



## Смоли

Залежно від способу одержання високомолекулярної мікроструктури можна використовувати

- полімеризаційні полімери,
- і поліконденсаційні, полімери.

Полімеризаційні полімери відносяться до *термопластичних*, що допускають багаторазове розм'якшення при нагріванні і отверднення при охолодженні (полімеризаційні смоли - полістирол, поліетилен, полівінілхлорид, поліпропилен і ін.),

Поліконденсаційні полімери відносяться до *термореактивних*, які затвердівають тільки один раз і більше не спроможні до переходу в пластично-в'язкий стан при повторному нагріванні (поліконденсаційні смоли - карбамідні, фенолформальдегідні, поліефірні та інш.).

---

## Спінюючі і піноутворюючі речовини

можуть бути мінеральними або органічними, твердими, рідкими або газоподібними.

*Тверді спінюючі* речовини по механізму процесу газоутворення розділяються на:

- речовини, що **виділяють газоподібні продукти** внаслідок оберненого термічного розкладання (мінеральні газоутворювачі - карбонати і бікарбонати натрію, калію, кальцію; амонійні солі мінеральних і органічних кислот і інше);
- речовини, що **виділяють гази** ( $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$  і інші) при необерненому термічному розкладанні (органічні речовини - азотні сполуки, нітрозосполуки, похідні гуанідіна, сульфонілгідрозиди, азиди кислот і інше).

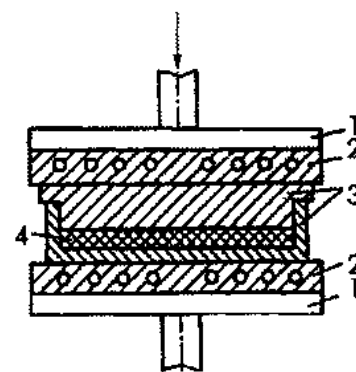
- речовини, що **взаємодіють між собою з виділенням** газоподібних продуктів - нітрат натрію з хлористим амонієм, вуглекислі солі з органічними кислотами та інші.
- речовини, які **виділяють раніше поглинені гази** внаслідок термічного порушення їх структури (газоутворювачі-адсорбенти - силікагель, активовані глини, активоване вугілля і інше, газо- або пара- насичення яких відбувалося під тиском).

**Рідкі спінюючі речовини** є легкокиплячі рідини, які не розчиняють вихідного полімера і які при скипанні або при зниженні тиску спроможні спінювати матеріал. Це бензол, ізопентан, вода, легкі фракції бензину і інше.

**Газоподібними інертними речовинами, як спінюючим матеріалом**, насичують розм'якшений полімер при підвищеному тискові. Спінювання виконується при нагріванні газонасиченого полімеру з одночасним зниженням тиску.

**Пресова технологія пінопластів** передбачає використання, як правило, **термопластичних полімерів** і включає три основні операції:

- одержання **порошкоподібної або пастоподібної прес-композиції** при змішуванні полімеру з газоутворювачем і іншими компонентами (у кульових млинах – 12...24 год);
- **пресування щільних заготовок** при підвищених температурах і тискові (120...180°C і 12...20 МПа);



**Рис.3.66. Пресування сировинної композиції в прес-формі закритого типу:**  
 1 - плита преса; 2 - плити нагрівання і охолодження; 3 - прес-форма; 4 - сировинна композиція

- **спінення заготовок** повторним нагріванням при 90...120°C (парою, гарячою водою або повітрям).

---

**Безпресова технологія.** До найбільш розповсюджених безпресових способів одержання пінопластів відносяться:

- **спосіб попереднього спінювання** гранул полімеру, насиченого інертним газом, з послідуєчим їх спіканням;
- **спосіб заливки**, який включає процес: одержання сировинної маси з полімером, газоутворювачем, отверджувачем і іншими компонентами; заливка форми або конструкційної порожнини; спінювання маси внаслідок розкладання газоутворювача; тверднення маси;
- **спосіб напилення** - приготування суміші з полімеру і необхідних додатків і нанесення її тонким шаром за допомогою спеціальних машин безперервної дії на задану поверхню. Нанесений шар швидко спінюється і отверджується, після чого можна наносити слідуєчий.

Спосіб **попереднього спінювання гранул** полімеру використовується для **термопластичних пластмас**, спосіб **заливки і напилення** – для **термоактивних**.

---

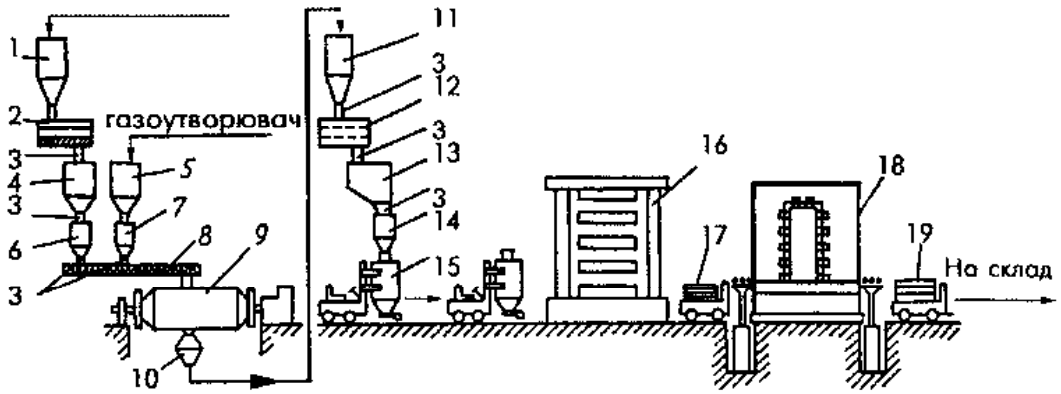


Рис.3.67. Схема виробництва пінопластів пресовим способом:

1 - бункер для полімеру, 2 - сито-бурат, 3 - шлюзовий затвор, 4 - бункер для просіяного полімеру, 5 - бункер для газоутворювача, 6 - дозатор полімеру, 7 - дозатор газоутворювача, 8 - шнек, 9 - кульовий млин, 10,11 - бункер для композиції, 12 - вібросто, 13 - бункер, 14 - дозатор, 15 - автовантажник з бункером, 16 - прес, 17 - автовантажник для перевезення заготовок, 18 - камера спіннення, 19 - готова продукція

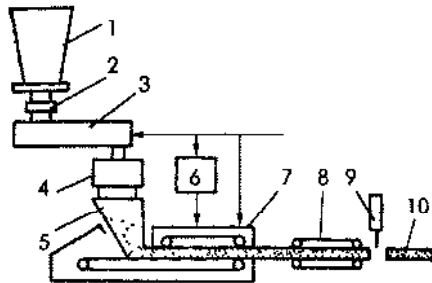


Рис.3.68. Схема установки безперервного виробництва пінополіуретану.

1 - сировина, 2 - живильник, 3 - шнек попереднього спінювання, 4 - усереднювач, 5 - бункер-живильник, 6 - змазка, 7 - конвеєр для спінання, 8 - охолоджувач, 9 - ніж 10 - плита

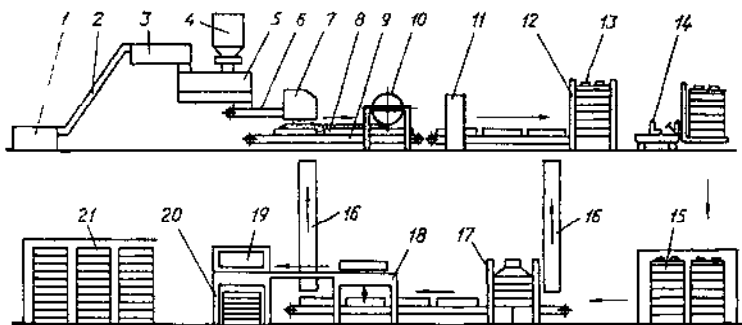
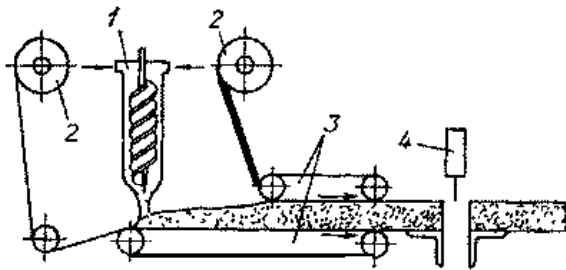
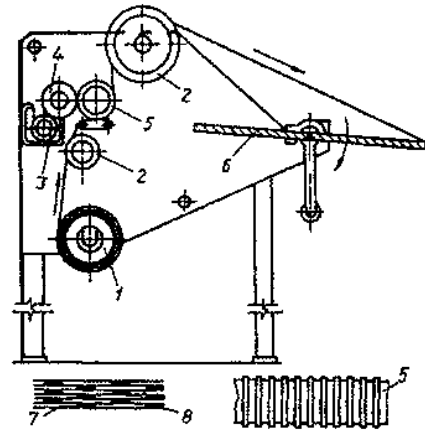


Рис.3.69. Схема технології пінори:

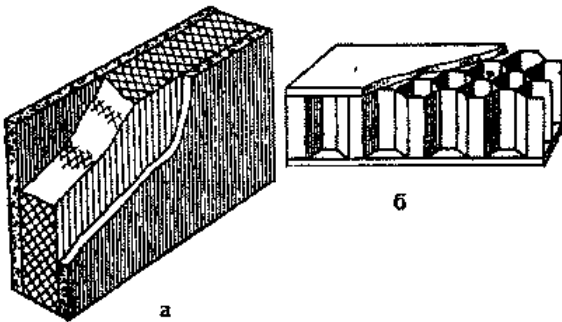
1 - варильний казан, 2 - випарювальний пристрій, 3 - змішувач для одержання піноутворювача, 4 - ємність для полімеру, 5 - ємність для піноутворювача, 6 - ємність для фосфорно-кислого амонію, 7 - дозатори, 8 - змішувач-піноутворювач, 9 - вагонетка з формами, 10 - камера тверднення, 11 - автокар з блоками пінори, 12 - сушарка, 13 - готова продукція



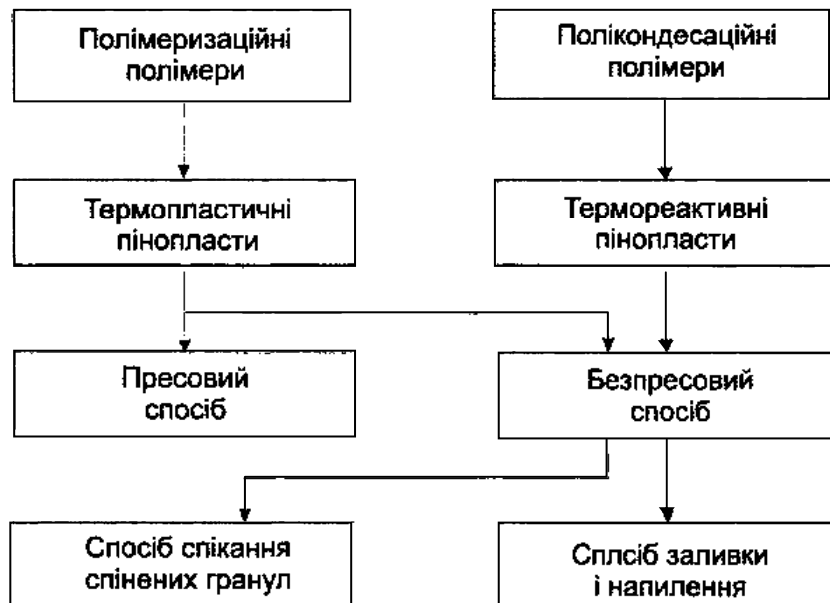
**Рис.3.70.** Схема конвеєрної установки одержання залитих пінопластів:  
 1 - змішувальна головка, 2 - цупкий папір,  
 3 - калібрувальні конвеєри, 4 - різальний пристрій



**Рис.3.71.** Установка для виготовлення стільникових (сотових) пластоблоків:  
 1 - рулон паперу, 2,3,4,5 - клеєнамазуючі ролики, 6 - металева пластина, 7 - папір, 8 - місце склеювання паперу



**Рис.3.72.** Триварові панелі:  
 а - з пінопластів, б - з стільникових (сотових) пластів



**Рис.3.73.** Схема залежності технології пінопластів від виду вихідної сировини

## 5. ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦІЇ СТІН

### 5.1. Вимоги до гідроізоляційних і герметизуючих матеріалів

Матеріали, які призначені для захисту стінових і інших будівельних конструкцій, а також будівель та споруд від зволоження та фільтрації води, звуться *гідроізоляційними*.

Різновидом гідроізоляційних матеріалів є *герметики* (герметизуючі композиції).

Їх виготовляють для

- замазування температурних швів,
- стиків стінових панелей
- швів, які створюються при монтажі збірних елементів конструкцій.
- при сполученні елементів тунелів, резервуарів, колекторів і гідротехнічних споруд.

Герметизуючі і ущільнюючі матеріали *можуть бути у вигляді*

- паст, які вулканізуються,
- мастик
- еластичних прокладок.

Вони *повинні бути*

- волого- та газонепроникливими,
- тепло- и морозостійкими,
- добре зберігати первинні властивості у часі.

Гідроізоляційні матеріали застосовують з давнини. Відомо, що 5000 років тому, *природні бітум і смола, а також асфальти* (природна суміш бітума з мінеральними наповнювачами) широко застосовувалися при утворенні ізоляції в єгипетських і *вавілонських цегляних храмах, ритуальних басейнах, лазнях, водостоках*.

Природний бітум до теперішнього часу є надійним гідроізоляційним матеріалом. Хоча зараз основним матеріалом є штучний бітум (ГОСТ 6617-76, ГОСТ 9548-74, ГОСТ 11955-82, ГОСТ 22245-76, ГОСТ 9812-74), який одержують у вигляді побічного продукту при крекінгу нафти. На основі виробництва

бітуму розвилась промисловість рулонних, мастичних, лакофарбових і інших видів гідроізоляційних і дахових матеріалів. Властивості цих матеріалів регламентуються відповідними нормативними документами.

За **функціональним призначенням** гідроізоляційні матеріали бувають

- ґрунтовочні,
- підмазочні,
- шпатльовочні,
- ізоляційні
- і покривні.

**Ґрунтовочні матеріали** наносять на поверхню матеріалу, для підвищення зчеплювання з послідуєчими шарами.

**Підмазочні або затирочні** матеріали вирівнюють заглиблення і ліквідують мікродефекти.

**Шпатльовочні** остаточно вирівнюють поверхню і підготовлюють її для нанесення основного ізолюючого шару.

**Ізоляційні** забезпечують захист основної конструкції від проникнення до неї паро-водяного середовища.

**Покривні** наносять на узолюючий шар для захисту від зовнішнього середовища і надання зовнішній поверхні конструкції спеціальних властивостей (гідрофобності, глянцю і т.і.)

**Антифільтраційні матеріали** захищають несучу конструкцію від проникнення до неї води і водних розчинів.

**Антикорозійні** наносять на основний матеріал у вигляді покриття для запобігання агресивної дії зовнішніх агентів.

**Герметизуючі** використовують для **герметизації складної конструкції** шляхом забиття швів, порожнин, тріщин.

---

За **способом нанесення та умовах експлуатації** гідроізоляційні матеріали бувають

- фарбувальні,
- обмазувальні,
- ущільнюючі,
- штукатурні,

- монтажні,
- обклеювальні,
- просочувальні,
- ін'єкційні
- та засипні.

До **фарбувальних** матеріалів відносять

- силікатні і цементні фарби,
- бітумні та бітумно-полімерні емульсії,
- лаки,
- емалі.

До **обмазувальних**

- різні бітумні та дьогтьові мастики, які наносять на поверхні виробів у вигляді обмазок.

До **ущільнюючих**

- бетони та розчини на мінеральних та органічних зв'язуючих.

До **штукатурних** гідроізоляційних матеріалів належать

- коллоїдний цементний розчин,
- активірований торкрет,
- цементно-піщані розчини (з ущільнюючими домішками),
- розчини на розширюючих цементах,
- холодні та гарячі бітумні мастики,
- асфальтові розчини і т.і.

До **монтажних**

- матеріали, які використовуються при монтажі конструкцій.

До **обклеювальних**

- штукатурні і рулонні матеріали (фольгоізол, склоізол і ін.).

До **просочувальних** відносяться матеріали, такі як

- бітуми, дьогті, бітумні емульсії і ін., які після нанесення на поверхню конструкції проникають на деяку її глибину.

До **ін'єкційних** матеріали, такі як

- рідкі бітуми, бітумні емульсії, в'язкі дьогті і ін.), які проникають в глибину матеріала під тиском певного значення.

До **засипних** відносять зернисті матеріали,

- які покриті гідрофобними плівками (бітум, кремнійорганічні рідини), що відбивають воду. Зернистими матеріалами можуть бути піски, зо-



ли унос і ін.

За **фізичним станом і зовнішнім виглядом** гідроізоляційні матеріали діляться на

- рідкі,
- пластично-в'язкі,
- тверді
- та пружньо-в'язкі.

Гідроізоляційні покриття **для стінових конструкцій** повинні мати такі показники:

Водонепроникливість при тиску, МПа	1
Водостійкість в воді через 3 місяця:	
– водопоглинання, % масове, не більш	3
– набухання, % об'єма, не більш	1
– коефіцієнт водостійкості	0,85-0,95
Теплостійкість, °С:	
– періодично	60
– при довготривалій дії	50
Тріщиностійкість при:	
– мінімальній температурі, °С	–30
– максимальному розкритті тріщин, мм	1
– максимальній швидкості розкриття, см/с	$10^{-5}$
Корозійна стійкість в воді, %:	
– лугостійкість при рН, не більш	9
– кислотостійкість при рН, не менш	6,5
– сульфатостійкість іонів $(SO_4)^{2-}$ , г/л, не більш	100
Динамічний коефіцієнт водостійкості, не менш	0,7

## 5.2. Основні схеми виробництва гідроізоляційних та герметизуючих матеріалів

**Рідкі матеріали** діляться на

- просочувальні,
- ін'єкційні,
- плівкоутворюючі
- і ґрунтувальні.

В якості **просочувальних матеріалів** найчастіше використовують

- бітум,
- бітумну емульсію,
- стеарінову емульсію,
- кремнійорганічні гідрофобні рідини – ГКЖ – 10, ГКЖ-11, ГКЖ-94.

Просочують

- розливом по поверхні конструкції просочувальним матеріалом
- або зануренням конструкції в просочувальну рідину.

---

Бітумну емульсію (ГОСТ 18659-81) отримують тонким подрібненням бітуму у воді, в яку для стабілізації емульсії вводять емульгатор. Готовлять емульсію в швидкообертючих ( $3000\text{с}^{-1}$ ) гомогенізаторах при температурі  $90^{\circ}\text{C}$ .

---

В якості *ін'єкційних матеріалів* використовують

- рідкі бітуми,
- бітумні емульсії,
- полівінілацетатну дисперсію,
- підігрітий бітум.

Їх вводять в матеріал **під тиском**. Так, бітум нагнітають під тиском в шпари, які знаходяться в підвалині гідропоруди.

---

*Плівкоутворюючі матеріали* – це

- лаки,
- емалі,
- фарбувальні склади.

Лак – це колоїдний розчин, в якому середовищем є органічний розчинник, а фазою – дисперсний бітум, пек або штучна смола.

Лакова поверхня утворюється не тільки завдяки висихання розчинника, але й за рахунок протікання процесів полімерізації в дисперсній фазі. Тонкий шар, що утворюється, має достатньо міцність, еластичність і гідроізоляцію.

---

При змішуванні лаків з пігментами отримують емалі.

---

**Грунтувальними матеріалами** для гідроізоляції металевих конструкцій часто служать покриття масляних фарб на основі природної оліфи і атмосферостійких пігментів – алюмінієвого порошка, свинцевого оранжевого крона, залізного сурика. Природна оліфа може бути замінена напівприродної, типа оксоль гліфталеvim або пентафталеvim лаками.

---

Все більшу популярність набувають рідкі **клеї-герметики** та **клеї-герметики-ущільнювачі** на основі полімерних мас:

- неопренові,
  - поліуретанові клеї,
  - клеї на основі ПВА.
  - поліуретанові герметики, які тверднуть за рахунок вологи, що міститься в повітрі.
- 

Деякі рецепти на **поліуретановій основі** здатні при твердненні **спучуватися**. Твердий герметик має міцність на вигин 1,5-2МПа, а розтяг – 1...2МПа. Після полімерізації маси, вона набуває міцності, водостійкості та стійкості по відношенню до кислот або луг.

---

Масляні і емальові фарби готують ретельним перетиранням на фарботерці пігмента і оліфи або лака з послідуєчим розведенням до робочої консистенції

---

**Пластично-в'язкі матеріали** по призначенню бувають

- обмазочні,
- обмазочно-ущільнюючі,
- затирочні
- шпатльовочні.

Їх виробляють у вигляді

- мастик,
- асфальтових розчинів
- бетонів.

**Мастики** (ГОСТ 2889-80, ДСТУ Б В.2.7-79-98) складаються з

- органічного в'язучого,
- мінерального наповнювача
- і домішки (пластифікатора, стабілізатора і ін.).

Мастики можуть бути

- бітумні,
- бітумно-полімерні,
- бітумно-гумові,
- дьогтьові,
- дьогте-полімерні,
- гудро-камовими,
- гудро-камполімерними.

Бітумні **мастики по умовам застосування** можуть бути

- холодними
- гарячими.

**Наповнювачами** в них служать

- хризотил-асбест VI або VII сортів,
- мелений вапняк,
- тальк,
- трепел,
- зола-унос.

---

Технологія **гарячих мастик** складається в змішуванні розплавленого бітуму при температурі 180...185°C з висушеним наповнювачем.

---

**Холодну бітумну мастику** готують змішуванням

- нафтобітуму,
- розріджувача, наповнювача
- а також домішок, які пластифікують суміш і надають виробу антисептичні властивості.

В якості **розріджувача** звичайно використовують

- лігроін,
- уайт-спірит,
- зелене масло.

Теплостійкість мастики 70°C. Затверднення проходить протягом перших двох діб.

---

**Асфальтові бетони і розчини** (ГОСТ 9128-84) отримують введенням крупного або дрібного заповнювача в суміш бітуму з наповнювачем.

Технологія асфальтових бетонів складається в нагріванні сировинних мате-

ріалів і їх змішуванні. Спочатку змішують заповнювач і наповнювач, а потім їх змішують з гарячим бітумом.

---

**Гумово-бітумна мастика (Ізол-Г-М)** вміщує

- гуму (від старих автопокришок) – 7-15%,
- бітуму – 60-78%,
- кумаронової смоли – 2-6%,
- наповнювача – до 25%,
- каніфолі – до 6%.

Склад мастики уточнюється в лабораторії в залежності від якості сировинних матеріалів. Її використання можливе, як в **холодному**, так і **гарячому** стані. При використанні в холодному стані в склад мастики вводять розчинник (до 30%) – лігроїн, бензин, масло.

---

**Тверді та пружньов'язкі гідроізоляційні матеріали** розподіляють на

- рулонні,
- плівкові,
- штучні
- насипні.

Промисловість випускає такі види **рулонних гідроізоляційних** матеріалів (ГОСТ 23835-79):

- рубероїд (ГОСТ 10923-93),
- склорубероїд (ГОСТ 15879-70\*),
- пергамін (ГОСТ 2697-83),
- толь, гідроїзол (ГОСТ 7415-86),
- фольгоїзол (ГОСТ 20429-84\*),
- ізол (ГОСТ10296-79),
- металоїзол
- брізол.

Рубероїд, пергамін, склорубероїд і склоповсть, толь, гідроїзол, фольгоїзол, металоїзол – **матеріали, які мають основу**.

Технологія рулонних матеріалів **на основі** складається в просочуванні і покритті основи органічним зв'язуючим. Для запобігання злипання матеріалів при їх зберіганні в рулонах і підвищення атмосферостійкості при експлуатації поверхні посипають **дрібним піском, крихтою, пиловидною посипкою**.

При виробництві **рубероїду, пергаміну, гідроїзолу** використовують **бітумне**

в'язуче.

А для [склоруберойду](#), [склопвсті](#) – бітумне, бітумно-гумове або бітумно-полімерне.

Слід відмітити, що зараз при виготовленні рулонних матеріалів бітум в чистому вигляді уже не використовується, так як при низьких температурах від занадто крихкий, а при відносно високих (40...60°C) – розм'якшується і плавиться.

Тому зараз виключно використовується тільки *модифікований полімерами бітум*.

В свій час виробники швидко відмітили сумісність чистого бітуму і атактичного поліпропілену (АПП). АПП – це залишок процесу виробництва ізотактичного поліпропілену (ІПП), Бітум з АПП іноді називають *модифікованим бітумом*.

Ця сумісність, дала можливість значно поліпшити характеристики бітумної суміші. Тепер температура розм'якшення була значно підвищена, а крихкість матеріалу при низьких температурах зменшена (рис.4.4).

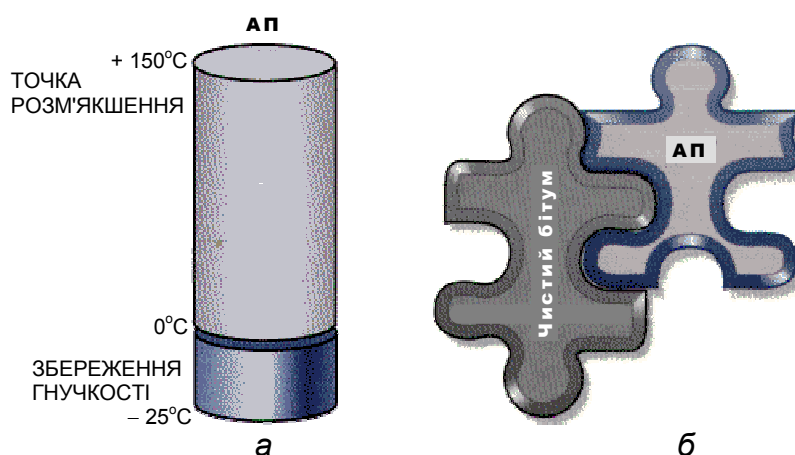


Рис.4.4. Модифікація чистого бітуму атактичним поліпропіленом:

*а* – властивості модифікатора – атактичного поліпропілену (АПП); *б* – схематичне поєднання бітуму з АПП

Крім АПП можуть використовуватися і інші модифікатори, наприклад СБС – стирол-бутадієн-стирол. Застосування цих модифікаторів дозволяє досягти дуже хороших фізико-механічних характеристик у поєднанні з високою довговічністю (15...25 років).

---

[Дьогтьові зв'язуючі](#) використовують для виробництва різних видів [толей](#).

Основою для [руберойда](#), [пергаміна](#), [толі](#) є [даховий картон](#), для [гідроізола](#) – [асбестовий картон](#).

---

Технологія різних [рулонних оснóвних](#) [гідроізоляційних матеріалів](#) має ба-

гато спільних технологічних операцій. Це:

- подання картону на просочувальний агрегат,
- розмотка картону з бабіни,
- його підсушка для попереднього обезвоження,
- просочування картону гарячою бітумною масою в ванні,
- допросочування картону в повітряному середовищі,
- нанесення покривного шару (бітум або суміш бітума з мінеральним наповнювачем),
- посипка одної або двох сторін мінеральним порошком,
- охолодження руберойда,
- його скручування в рулони
- та упаковка.

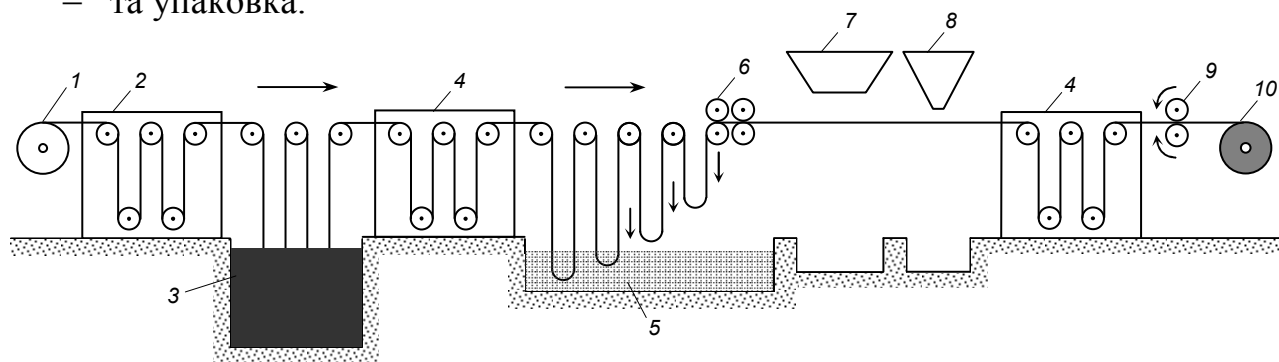


Рис.4.7. Типова технологічна схема виробництва руберойду:

1 – основа (картон, склополотно і т.п.); 2 – камера підсушки основи; 3 – просочувальна ванна з легкоплавкою бітумною (бітумно-полімерною) масою; 4 – камера охолодження; 5 – покривна ванна з тугоплавкою бітумною (бітумно-полімерною) масою; 6 – валки для відтискування надлишкового бітуму; 7, 8 – бункери з мінеральною посипкою; 9 – ніж для різання руберойду; 10 – намотування руберойду в рулон

---

До **безосновних** матеріалів відносять – **брізол та ізол**.

Орієнтовний склад **брізолу**:

- бітума – до 60%,
- гуми – до 30%,
- пластифікатора – 2-5%,
- асбеста – до 12%.

При виробництві **ізолу** використовують

- суміш бітумів різних марок – 40-60%,
- девулканізовану гуму – 25-30%,
- кумаронову смолу – 2%,
- наповнювача – 25-30%.

Для надання матеріалу **гнилостійкості** іноді додають **крезотове масло** (до 1,5%).

**Технології брізола і ізола близьки**. Вони складаються з таких операцій:

підготовку сировинних матеріалів,

- переработку старої гуми в крихту з розміром часток до 1,5 мм,
- розігрів бітума,
- розпушування асбесту в дезінтеграторах,
- змішування компонентів при 160...170°C,
- екструдуювання полотна на черв'ячному пресі,
- каландрування,
- охолодження,
- присипка порошком крейди,
- скручування в рулон.

До **твердих і пружньо-в'язких герметизуючих покриттів**, які широко використовуються в будівництві, відносяться

- пороізол,
- герніт,
- поробит.

---

В склад **пороізола** входять:

- гумова крошка –70-75%,
- нафтові дистилляти – 20-23%,
- вулканізуючі домішки – 1,5-2%.

Виробляють пороізол у вигляді **круглих джгутів** діаметром 10-45 мм або **прямокутного поперекового перетину** 40x20 і 30x40мм.

---

До складу **герніта** входять:

- наіріт –20-25%,
- нафтове масло ПН-6 –20-25%,
- наповнювач – 20-60%, який вміщує вулканізатор і антистарювач – клеозон Д.

---

**Поробіт** (ГОСТ 19177-81) отримують **просочуванням поліуретанового поропласта гарячим бітумом** БНД 40/60 з домішкою **2,5% пластифікатора**.

Виготовляють у вигляді **полос** від 10x10 до 100x100мм в заводських умовах або безпосередньо на будівельному майданчику. Застосовують для герметизації стиків збірних підземних споруд, на які діє тиск води менш 0,1МПа.

---

## **Герметики – види, властивості, використання**

Герметики – це композиції на основі полімерів, призначені для заповнення



різних тріщин і щілин з метою забезпечення їх непроникності. Деякі з герметиків володіють відмінними адгезійними характеристиками і тому можуть використовуватися і як клеї.

До герметиків можна віднести і монтажну піну. Але на відміну від звичайних щільних герметиків, монтажна піна – це поризований герметик із замкнутими порами. Якісна монтажна піна здатна виконувати функції гідроізоляції, теплоізоляції і звукоізоляції.

Всі герметики підрозділяються:

***За готовністю до застосування:***

- однокомпонентні (придатні до безпосереднього використання і займають сьогодні понад 70% ринку);
- двох- і більше компонентні (вимагають перед застосуванням точного дозування і ретельного змішування компонентів);

***За типом основи:***

- силіконові (вони ж силіоксанові, кремнійорганічні);
- акрилові;
- поліуретанові;
- бутилкаучукові, бутилові, поліізобутиленові;
- тіоколові (полісульфідні);
- гібридні герметики на основі MS-полімерів;
- бітумні.

***За особливостями полімеризації:***

- не тверднучі;
- тверднучі.

Вимоги, які пред'являються до герметиків, вельми різноманітні – стійкість до Уф-випромінювання; вологостійкість; хороша адгезія (прилипання) до різних матеріалів; екологічність; стійкість до циклічних деформаційних навантажень; еластичність; широкий діапазон робочих температур; простота нанесення; тривалий термін експлуатації.

***Силіконові герметики***

Є низькомолекулярним *полідіорганосиліоксановим каучуком* з кінцевими гідроксильними групами, як зшиваючим агентом. До складу композиції можуть входити наповнювачі і спеціальні добавки для підвищення термостійкості, вогнестійкості, теплопровідності, адгезії до різних матеріалів. Процес затвердіння відбувається при контакті герметика з вологою навколишнього середовища з утворенням тривимірної зшитої структури. У хімічній основі затвердіння лежить реакція гідролізу і поліконденсації кінцевих органофункціональних груп каучуку.

По вигляду вулканізуючого компоненту силіконові герметики додатково підрозділяються ще на два типи – кислотні ("оцетові" – під час вулканізації їм властивий запах оцту) і нейтральні (амінні, оксимні, амідні, спиртові). Тому "кислі" не можна застосовувати на поверхнях, які можуть реагувати з кисло-

тою – метали (мідь, латунь, цинк), мармур і т.п.

### ***Акрилові герметики***

Акрилові герметики – це найдешевші з сучасних будівельних герметиків. У незатверділому початковому стані можуть розбавлятися і легко змиватися водою.

Застосовуються для заповнення швів і тріщин при будівництві і ремонті житлових, промислових будівель і споруд, а також при індивідуальному житловому будівництві і ремонті. Акрилові герметики добре покриваються фарбувальними речовинами після твердіння, як правило, достатньо водостійкі, але, на жаль, "старіють" протягом 2...3 років, втрачаючи еластичність і стаючи крихкими. Використовуються, в основному, для внутрішніх робіт. Мають хорошу адгезію з бетоном, цеглою, деревом, ПВХ, металом і ін. Не мають у складі сильних токсичних речовин і не наносять явної шкоди здоров'ю. Наносяться за допомогою спеціального пістолета або прямо з тубика, за допомогою шпателя. Остаточно тверднуть протягом 24 годин.

Останнім часом у продажу зустрічаються акрил-силіконові маси. Зберігаючи всі особливості акрилових мас, вони мають набагато більшу довговічність і можуть бути використані як для внутрішніх, так і для зовнішніх робіт.

### ***Поліуретанові герметики***

Вони були розроблені зважаючи на необхідність заміни дорогих природних пробки і каучуку. За допомогою взаємодії *поліолів* і *диізоціонатів* були синтезовані поліуретанові еластomers, на основі яких були розроблені різні типи поліуретанів – еластичні, жорсткі, напівжорсткі і пінополіуретани. У Європі і США поліуретанові герметики практично витіснили матеріали на тіоколовій і силіконовій основі.

Цей вид герметиків є еластичною, клеючою, ущільнюючою масою, яка довго зберігає свою еластичність. Застосовують для склеювання і герметизації будь-яких матеріалів – металу, деревини, каменя, лакованої жерсті, пластмаси, кераміки, бетону. Мають хорошу адгезію і забезпечують міцне склеювання. Проте, мають в своєму складі шкідливі, їдкі речовини – не можна допускати їх попадання на відкриті ділянки шкіри.

***Бутилові, поліізобутиленові і бутилкаучукові герметики*** – використовуються найчастішим для *первинної герметизації* склопакетів. По готовності до застосування виділяють однокомпонентні (придатні до безпосереднього використання) і двокомпонентні (перед використанням потребують змішування компонентів) герметики. Особливість перших в тому, що їх полімеризація йде поступово від поверхні в глибину шва і, залежно від типу герметика, може складати від двох до восьми діб.

Полімеризація двокомпонентних герметиків відбувається значно швидше, вони володіють кращими фізико-механічними показниками, але при цьому вимагають дуже ретельної підготовки при змішуванні компонентів, коли необхідне точне дотримання пропорцій.

Ці герметики можуть також використовуватися і у вигляді самоприклеюва-

льних стрічок.

### **Тіололові (полісульфідні) герметики**

Призначені для виготовлення герметизуючих паст, які застосовуються в авіаційній промисловості, суднобудуванні, електротехніці, радіоелектроніці і цивільному будівництві. Використовуються для *вторинної герметизації* склопакетів. У світі більше 80% склопакетів для енергозбережного скління будівель виготовляється з їх застосуванням.

Зазвичай це двокомпонентні рідини, які змішуються безпосередньо перед застосуванням. За звичайних умов (температура повітря +15...30°C) "життєздатність" приготованої суміші – не більше двох годин, тужавіє вона протягом двох-трьох діб, повністю вулканізується через 7...10 діб.

### **Бітумні герметики**

Бітумні герметики мають хорошу адгезію до різних будівельних матеріалів, таких як бітумні поверхні, дерево, ізоляційні плити, метал, пластик, бетон і т.д. Витримують низькі температури, але не підходять для роботи в місцях з високою температурою. Сфера застосування – герметизація, ущільнення, заповнення тріщин в крівлі, дренажних системах, можна використовувати в парниках для герметизації, ущільнення і заповнення тріщин на дахах, у фундаментах і цоколях.

### **Гібридні герметики на основі MS-полімерів**

Це цікавий і перспективний напрям, який заслуговує уважнішого розгляду.

MS-полімер (MS Polymer ) або SMP (Silyl Modified Polymer) є основним компонентом сучасних клеїв і герметиків, які не містять в своєму складі ізоціонатів і розчинників (рис.4.15).

За своєю суттю MS-полімер є поліефірною сполукою (поліуретаном) в структуру якого впроваджується силанольна (кремнійорганічна) група, яка, реагуючи з вологою повітря, створює вбудовану кремнійорганічну структуру, одночасно вулканізуючи полімер. Тим самим полімер – поліуретан, – набуває стабілізуючих властивостей силіконового матеріалу, зберігаючи свої власні унікальні властивості.

Для того, щоб простіше описати вищевикладене, розглянемо приклад. Будь-який полімер після зшивання (вулканізація) має решітчасту структуру. Наприклад, гума достатньо еластична і стабільна при експлуатації в нормальних умовах. Але якщо помістити її під дію тепла, масла, сонця і т.п. навіть на дуже короткий термін – вона зіпсується. Відбувається це тому, що у полімерних "решіток" такої гуми не всі "кінці" закриті і не всі прореагували в процесі вулканізації. І це робиться спеціально – щоб гума зберігала еластичність, адже якщо її завулканізувати повністю, то ми отримаємо твердий ебоніт в чистому вигляді. Ось ці незакриті ділянки полімерних решіток і чутливі до дії різних чинників

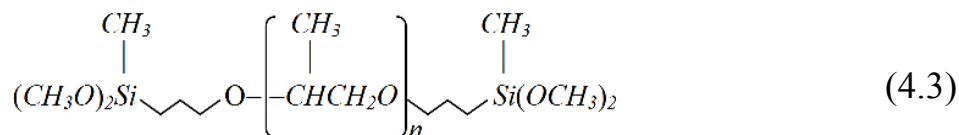


Рис.4.15. Гібридні MS-герметики

старіння.

Але якщо "посадити" на такі незакриті ділянки полімеру кремнійорганічні групи молекул, то матеріал отримає стійкість силіконів і збереже властивості базового полімеру.

Хімічно це виглядає таким чином:



Видно, що в кінцеві групи полімеру вбудована молекула *Si* (кремнію).

На сьогоднішній день застосування клеїв і герметиків на основі *MS*-полімерів росте колосальними темпами. Адже зберігаючи і підсилюючи позитивні властивості поліуретанових складів (чудова адгезія до будь-якої поверхні, відмінна еластичність і міцність), матеріал набуває стійкості до ультрафіолету, води, кислот, лугів, підвищених температур і інших критичних чинників. Тільки у Європі в індустріальному секторі відсоток споживання *MS*-полімерних клеїв-герметиків доходить до 60%, а в будівельній галузі до 75% серед інших герметизуючих матеріалів.

В цілому, основні переваги клеїв і герметиків на основі *MS*-полімерів, можна звести до наступного:

- Стійкість зберігання (за відсутності вологи, як каталізатора, *MS*-полімери інертні і можуть зберігатися до 2-х років).
- Висока довговічність.
- Зручність нанесення – стійка в'язкість в широкому діапазоні температур. Відмінна екструдованість навіть в холодний час.
- Відсутність необхідності в попередньої спеціальної підготовки поверхні, оскільки герметик має відмінну адгезію (приліплюваність) до всіх поверхонь (навіть мокрим), що дозволяє скріпляти і герметизувати абсолютно різноманітні поверхні.
- Не має запаху – *MS*-полімери не виділяють такого неприємного запаху, як меркаптан і ацетат.
- Збереження навколишнього середовища – *MS*-полімер не містить розчинників і безпечний в застосуванні.
- Швидка вулканізація – *MS*-полімер швидко твердне навіть при низьких температурах.
- Фарбування – *MS*-полімер може бути забарвлений будь-якими фарбами "мокрим по мокрому", що ніяк не впливає на швидкість вулканізації.
- Універсальність склеювання – *MS*-полімер має відмінну адгезію до всіх поверхонь без застосування ґрунтовок і праймерів.
- Стійкість до дії температур до 120°C.
- Не пошкоджує і не окисляє поверхні.
- Висока "волога міцність склеювання" – *MS*-полімери дозволяють отримувати необхідну ступінь фіксації вже відразу після нанесення.

- За рахунок збереження стабільної в'язкості при пониженні або підвищенні температур, матеріал легко наноситься без проблем на будь-які поверхні (вертикальні, горизонтальні, стельові), тоді як інші матеріали недопустимі або складні в застосуванні.

У табл.4.5 представлені експлуатаційні характеристики основних герметиків.

Таблиця 4.5

Порівняльні властивості основних видів полімерних герметиків

Тип	Основа	Область використання	Переваги	Недоліки
Акрилові	Суміш акрилатних полімерів на водній основі	Хороша адгезія до непористих поверхонь – дерево, цегла, штукатурка, гіпсокартон. Для внутрішніх робіт	Широка колірна гамма, низька ціна	Нееластичні, бояться вологи, для малорухливих швів, малий термін служби
Силіконові	Рідкі силіконові каучуки	Широке застосування в побуті і промисловості	Універсальність, висока УФ-стійкість, хімічна стійкість, широкий діапазон робочих температур	Не ремонтпридатні, не фарбуються, не витримують багатократні цикли розтягування-стиснення
Силіконізовані	Суміш акрилатних полімерів з силанами	Для герметизації тріщин і швів в дерев'яних конструкціях всередині і зовні.	Достатня адгезія до пористих і непористих основ. УФ-стійкість, стійкі до перепадів температури, осадків, паропроникні	Низька еластичність, малий термін служби
Поліуретанові	Уретановий форполімер	Герметизація фасадних і покрівельних стиків, швів в бетонних підлогах, огорожувальних конструкцій (деформативність до 25%)	Ремонтпридатність, фарбується, висока міцність і еластичність	Не стійкі до агресивних середовищ (хлор), не можна використовувати при температурах вище 90°C.
Тіоколові	Рідкі полісульфідні каучуки	Герметизація швів бетонних конструкцій, стиків важких і легких елементів, огорожувальних конструкцій, герметизація склопакетів	Висока адгезія до будівельних матеріалів, швидка полімеризація, найнижча газопроникність	Бідна колірна гамма, складність застосування двокомпонентного матеріалу.
Гібридні MS-полімерні	Уретановий форполімер з силанольними групами	Герметизація стиків металевих конструкцій, автомобілебудування, судноремонт, приклеювання паркету та ін.	Високий модуль, висока адгезія навіть до мокрих поверхонь, УФ-стійкість, фарбується	Висока ціна

Нижче подані порівняльні характеристики силіконових, поліуретанових і MS-полімерних герметиків за 10-бальною шкалою (рис.4.16).

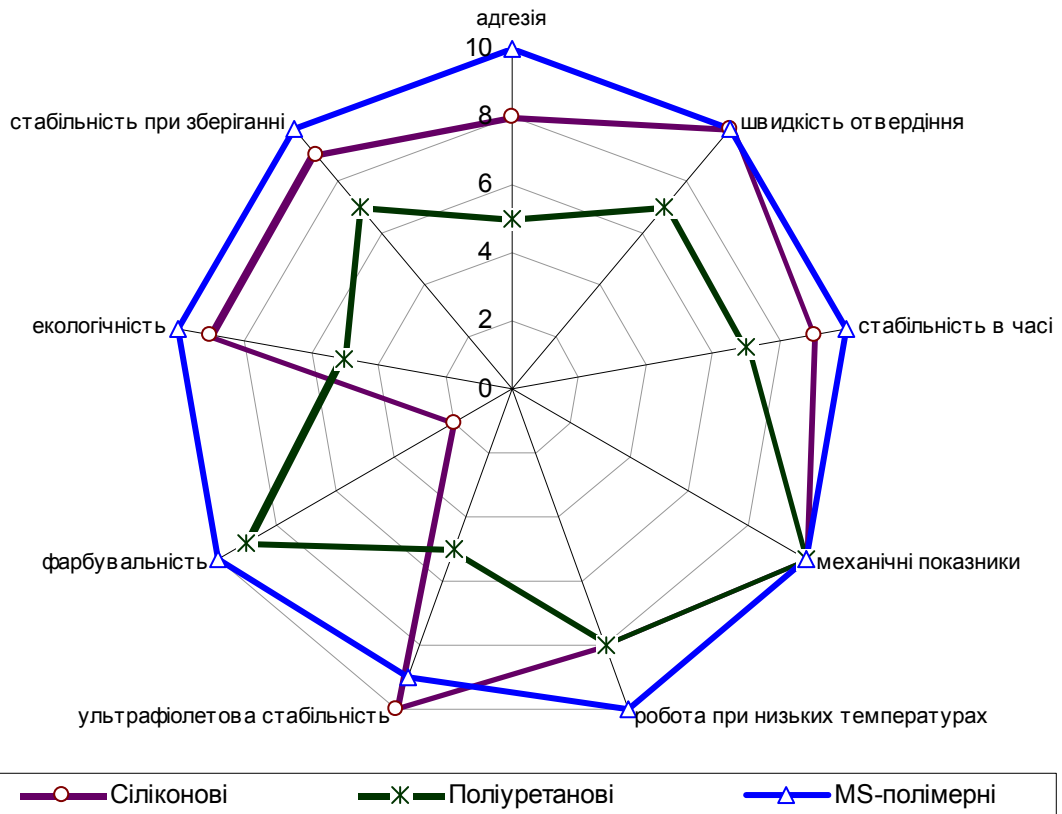


Рис.4.16. Порівняльні характеристики силіконових, поліуретанових і MS-полімерних герметиків

### Способи використання герметиків

Герметики розрізняються упаковкою і способом нанесення. Найчастіше використовуються герметики, упаковані в картриджі ємністю до 310 мл (рис.4.17). Але зустрічаються і крупніші картриджі – до 400 мл.

Для роботи з картриджами потрібні спеціальні монтажні пістолети – аплікатори (рис.4.18). Вони діляться:

#### *За конструктивними особливостями:*

- **Напівкорпусні.** Використовуються для роботи з герметизуючим складом в стандартному картриджі об'ємом до 310 мл. Перевагою напівкорпусного устаткування є простота і зручність використання – герметик не витікає з картриджа завдяки механізму, який забезпечує вільний зворотний хід штока.
- **Скелетні.** Даний тип пістолетів, як і напівкорпусні, використовується для роботи з герметизуючим складом в стандартному картриджі об'ємом до 310 мл. Має три ребра жорсткості і шток. Перевагами скелетного устаткування є можливість використовувати не весь картридж, а тільки необхідну кількість герметика. Крім того, він довговічніший, ніж напівкорпусний.



Рис.4.17 Картриджі з герметиками об'ємом до 310 мл



Рис.4.18. Типи монтажних пістолетів для використання герметиків:  
 – механічні:           а – напівкорпусний; б – скелетний; в – трубчастий;  
 – електричний:       з – акумуляторний;  
 – пневматичний:     д – на стиснутому повітрі

- **Трубчасті.** Даний тип пістолетів використовується для роботи з герметиком, розфасованим в тубах з алюмінієвої фольги по 500...1600 мл (рис.4.19). Він може також заповнюватися герметиком з відра за допомогою спеціальної кришки-клапана (рис.4.20). Пістолет має шток і порожнистий циліндр, який виконує роль картриджа для герметизуючого складу. Перевагою трубчастих пістолетів є відсутність необхідності в частій перезаправці картриджів.



Рис.4.19. Герметики в тубах з алюмінієвої фольги

**За способом подачі герметика:**

- **Механічні (ручні).** Використовуються в будівництві для виконання невеликих об'ємів робіт по ізоляції, фіксації і заповненню порожнин. Герметик видавлюється з картриджа або циліндра шляхом натискання на шток з потрібним зусиллям. Недолік – рука швидко втомлюється, подача герметика нерівномірна, ривками, шов – не рівномірний.
- **Пневматичні.** Використовуються в будівництві для виконання робіт малого і середнього об'єму по ізоляції, фіксації і заповненню порожнин. Герметик видавлюється автоматично при відпуску ручки подачі за рахунок тиску стиснутого повітря.
- **Акумуляторні.** Використовуються в професійному будівництві для виконання робіт середнього і великого об'єму. Герметик видавлюється автома-

тично при відпуску ручки подачі за рахунок енергії автономної акумуляторної батареї.

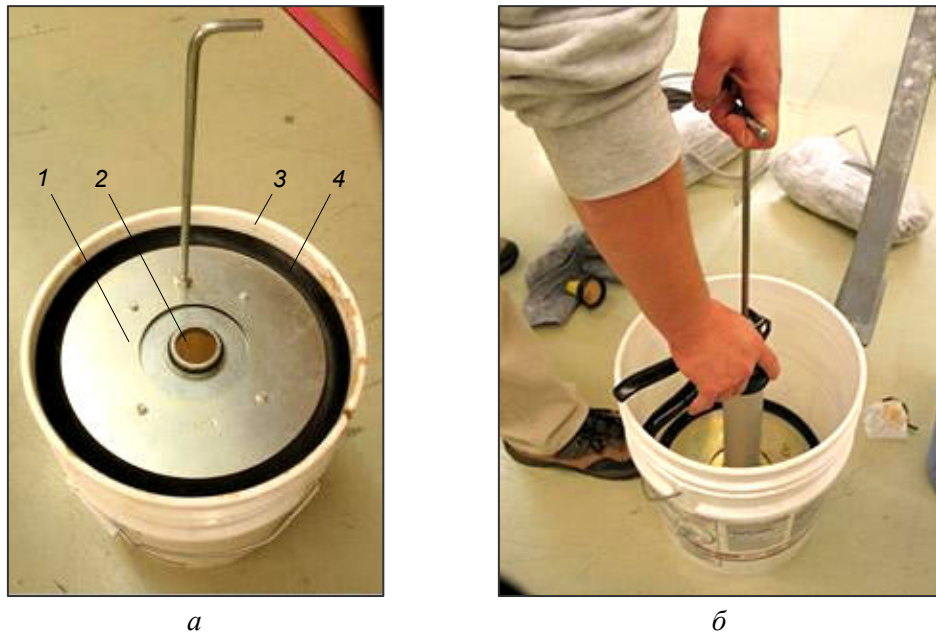


Рис.4.20. Використання кришки-клапана для заправки монтажного пістолета з відра з герметиком:

*а* – кришка-клапан у відрі з герметиком; *б* – заправка трубчастого пістолета; 1 – корпус кришки; 2 – клапан для заправки пістолета; 3 – відро; 4 – гумовий ущільнювач кришки-клапана

## 5.4. Інші методи гідроізоляції і герметизації

### Гідроізоляція рідкою поліуретановою гумою

Рідкі поліуретанові гуми можна умовно розподілити на три категорії:

- *Однокомпонентні склади*, які розпилюються по поверхні за допомогою апаратів високого тиску (рис.4.21). Устаткування для однокомпонентних сумішей не можна використовувати для нанесення інших видів рідкої гуми. На покрівлі полімерний склад застигає, але зберігає еластичність.
- *Двокомпонентні склади*, (емульсія очищених бітумів, еластомерів і полімерів на водній основі, і каталізатор-отверджувач – розчин хлориду кальцію) які змішуються між собою в процесі нанесення. Змішаний склад подається під тиском в розпилювач, за допомогою якого оброблювану поверхню покривають шаром потрібної товщини. На повітрі склад протягом декількох хвилин набуває твердості і надійно герметизує всю покрівлю. Напилення рідкої гуми проводиться в два шари з перервою на висихання першого шару. Завдяки тому, що до складу матеріалу входить високий відсоток полімерів, рідка гума може наноситися і експлуатуватися в суворих кліматичних умовах. Підвищена морозостійкість дозволяє матеріалу зберігати свої властивості при температурі  $-35^{\circ}\text{C}$ . Затвердіння рідкої гуми відбувається миттєво після нанесення навіть при достатньо низькій температурі (але не нижче  $-5^{\circ}\text{C}$ ). Поверхнєве висихання – до 2 годин, глибоке висихання – до 48 го-



дин, повне висихання – до 7 діб.

- Полімерно-бітумний склад, який наноситься на поверхні вручну. Устаткування для нанесення рідкої гуми стосовно даного типу покриття може включати шпателі або валики, якими склад рівномірно розподіляється по поверхні даху. Особливість застосування таких складів полягає в тому, що для роботи не потрібне дороге устаткування.

Товщина нанесення рідкої гуми залежить від передбачуваного навантаження на дах, а також від матеріалу, на який вона наноситься. Так, для герметизації вже покритих руберойдом дахів або для покриття дерев'яних поверхонь цілком достатньо шару в 1,5 мм.

Для створення первинного покриття або для захисту залізобетонних плит потрібна більша товщина шару – не менше 2,5...3 мм. Напилювана покрівля в місцях стиків і з'єднань з елементами конструкції повинна накладатися в декілька шарів.



Рис.4.21. Нанесення рідкої гуми на поверхню основи способом напилення (пультверизації)

Поліуретанова покрівля має такі переваги і характеристики:

- Довговічність і надійність, що забезпечується введеними до складу рідкої гуми полімерами. Нанесений склад набуває твердості, але, при цьому, зберігає еластичність. Під впливом вологи і температурних перепадів рідка гума не тріскається і не відшаровується. Склад не боїться УФ-випромінювання.
- Висока морозостійкість і стійкість до високих температур дозволяють експлуатувати даний склад в будь-якій кліматичній зоні.
- Швидкість обробки. За наявності достатньої кількості матеріалу за один день можна забезпечити напилення до 1000 м<sup>2</sup> покрівлі. При роботі з рулонними матеріалами добитися такої продуктивності просто неможливо.
- Простота технології гідроізоляції покрівлі рідкою поліуретановою гумою
- Відсутність швів і рівномірність розподілу складу по напилюваній поверхні роблять бітумно-полімерну покрівлю надійним покриттям для будь-якого виду покрівлі.
- Завдяки тому, що склад виготовлений на водній основі, з поверхні даху не виділяються сторонні випаровування.
- Відсутність кріплення дозволяє уникнути пошкоджень еластичного покриття і зменшує час виконуваної роботи.
- Рідка гума стійка до більшості хімічних речовин.
- На поверхні напилюваного даху не утворюються здуття, які властиві рулонним матеріалам.
- Довговічність: гарантія виготівника – 30 років, фактично – до 50 років.

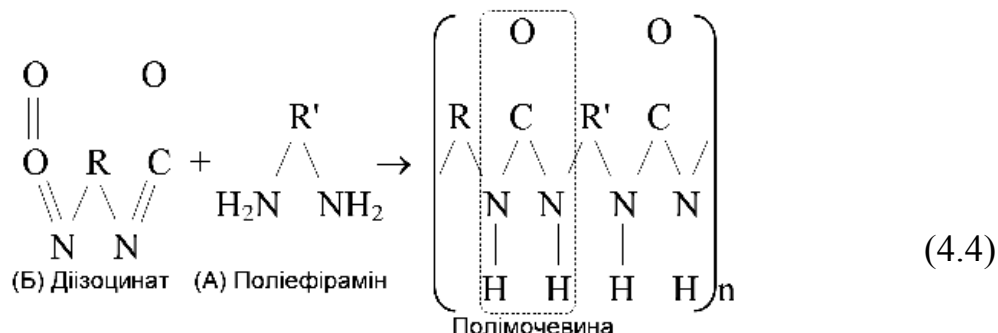
## Гідроізоляція напилюванням полімочевини

Трохи історії. Реакції, які лежать в основі полімерів, були виявлені ще в 1850 році. До 1960 років уретановий напрям почав домінувати, як найцікавіше. І вже в 70-х роках використання уретанів як еластомір-покриттів привело до того, що вони захопили ринок покриттів і герметиків. Але у них є недолік – вони можуть псувати або погіршувати властивості того, що захищають, тому що працюють як каталізatori реакцій. Іноді це стає проблемою.

Тоді вирішили замінити звичайні для поліуретану поліефірполіолі на поліефіраміни. Вони одного сімейства, але на кінцях макромолекул, там де повинні бути гідроксильні групи, тепер з'явилися амінні. Реакція полімеризації почала протікати за декілька секунд, що, природно, підвищило продуктивність. Матеріал вперше було використано фірмою Техасо Chemical (США). Матеріал мав деякі недоліки у вигляді високої реактивності, зниженої змочуваності основи, посередньої якості покриття, відсутності спеціального устаткування для нанесення, які з часом були успішно вирішені.

Матеріал, отриманий в результаті багаторічних досліджень, назвали Polyurea (полімочевина), а технологічний процес отримання полімеру – spray polyurea elastomer coatings, – напилювані полімочевинні еластомірні покриття.

Для отримання полімеру "полімочевина" використовується хімічна реакція при з'єднанні ізоціанату і смоли поліефіру аміну. Тобто полімочевинні зв'язки – це основа для отримання полімочевини.



За складом полімочевини бувають *аліфатичні* і *ароматичні*. Аліфатична полімочевина менш чутлива до випромінювання ультрафіолетового спектру і не вицвітає під впливом сонячних променів. Застосовують її там, де важлива естетична складова. Це фасади будівель і декоративні покриття на об'єктах. Але вона дорога.

Ціна полімочевини ароматичної нижча, ніж аліфатичної, при цьому за своїми антикорозійними, хімічними і механічними характеристиками вона абсолютно їй не поступається. Але колірна стабільність ароматичної полімочевини нижча, що ніяк не відбивається на якості покриття.

Є два основні типи полімочевинних систем – *чисті* і *гібридні*. Чисті полімочевинні системи перевершують характеристики будь-яких інших матеріалів,

але у них є недолік – вони відносно дорогі.

Саме тому гібридні системи все ширше завойовують ринок застосування. Деяка втрата всього комплексу властивостей чистої полімочевини практично не впливає на можливість широкого використання. Самими затребуваними останнім часом стали полімочевинно-поліуретанові системи.

Швидкість реакції полімочевини – менше 15 секунд, але вона може бути при необхідності сповільнена від 20...60 секунд. Затвердіння полімочевини може відбуватися і при температурах до  $-30^{\circ}\text{C}$ . Наноситься на основу, як правило, пульверизацією (рис.4.22).

Можливе також і ручне нанесення покриття за допомогою валика чи кисті. Для ручного нанесення використовуються полімочевини ручного нанесення (поліаспартичні). До їх складу входять складні ефіри і вони відрізняються тим, що життєздатність реакційної суміші зберігається на більш тривалий час. Такі суміші використовуються, як ремонтні склади.

Основні переваги:

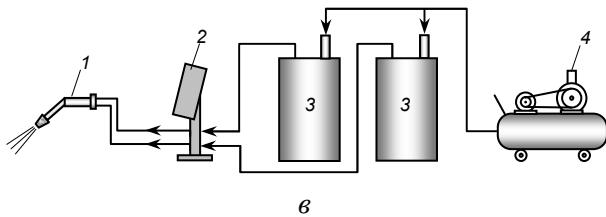
- Швидке затвердіння протягом 15 секунд (повна експлуатація вже за годину).
- Застосування при значно підвищеній вологості і негативних температурах (до  $-30^{\circ}\text{C}$ ).
- Відмінна адгезія з багатьма матеріалами вживаними в будівництві (виняток становить тефлон і фторопласт).
- Хороша термостійкість (до  $+130^{\circ}\text{C}$ ).
- Високостійка до УФ-випромінювання (аліфатична).
- Хороша стійкість покриття до зносу (стирання), перевершуючи покриття з гуми, епоксидних смол і поліуретану.
- Відсутність швів на всій площі покриття.
- Висока продуктивність робіт (до  $500\text{ м}^2$  за зміну).
- Високі діелектричні характеристики.
- Екологічно чистий матеріал, не містить розчинників і не має запаху.
- Довговічність (більше 50 років).
- Не горючий, є самозатухаючим матеріалом.
- Обробка форм будь-якої складності.
- Широка колірна гамма.
- Висока ремонтпридатність покриття.



*a*



*б*



*в*

Рис.4.22. Покриття різних поверхонь полімочевиною:

*a* – покриття покрівлі; *б* – покриття підлоги в паркінгу; *в* – схема установки для виконання покриття; 1 – форсунка пульверизатора; 2 – пульт управління; 3 – компоненти; 4 – компресор

#### Недоліки.

- Під дією відкритого сонця ароматична полімочевина темнішає. Це ніяк не позначається на експлуатаційних якостях, але косметичні зміни відбуваються. Тому для зовнішніх покриттів рекомендується використовувати кольори полімочевини близькі до чорного, коричневого, а також сірий, помаранчевий, сріблястий колір.
- Хімічна стійкість полімочевини – помірна. Промислові розчинники і концентровані мінеральні кислоти руйнують полімочевину, якщо впливають на неї постійно. В той же час полімочевина стійка до дії нафтопродуктів, стічних вод і до розчинів солей, до неконцентрованих лугів і кислот.

#### Бентонітова гідроізоляція

Гідроізоляційні бентонітові прокладки застосовуються для герметизації горизонтальних і вертикальних робочих і конструкційних швів підземних монолітних бетонних споруд, а також місць проходу інженерних комунікацій.

Прокладка є джгутом прямокутного перетину, до складу якого входить природний натрієвий бентоніт і бутилкаучук. В процесі гідратації джгут збільшується в об'ємі, закриваючи мікротріщини, тим самим запобігаючи проникненню вологи по шву. Перетин джгута –  $(10...19) \times (15...25)$  мм.

Розміщення даної стрічки в закритому бетонному просторі здатне обмежити свободу набухання, а той гель, який з'являється після гідратації, є достатньо активним водостійким бар'єром. Завдяки великому тиску набухання (до 7 атм), раковини, а також наявні в бетоні біля самої стрічки тріщини здатні ущільнюватися і заповнюватися (рис.4.23).



Рис.4.23. Бентонітовий гідроізоляційний джгут (шнур):  
*а* – схема роботи бентонітового шнура при набуханні в шві; *б* – зовнішній вигляд шнура

Прокладка встановлюється на бетонну поверхню шва або обмотується навколо труб різних комунікацій щільно, без зазорів. Поверхня, на яку встановлюється прокладка, повинна бути чистою. Перед установкою з гідропрокладки знімається антиадгезійний папір. Прокладки з'єднуються між собою встик.

Основні характеристики:

– Коефіцієнт фільтрації, см/с	$2 \dots 10^{-9}$
– Стійкість до гідростатичного тиску, атм	до 7
– Величина розбухання у вільному стані, %	до 215
– Діапазон температур при установці, °С	-15...+ 50
– Довжина джгута, м	5

Область застосування:

- Ізоляція з'єднань старих і нових елементів тієї або іншої конструкції.
- Ізоляція горизонтальних і вертикальних технологічних швів, які утворюються при бетонуванні.
- Ізоляцій трубок в стяжках опалубки.
- Ізоляція проходів, призначених для комунікації в різних будівельних конструкціях.
- Бентонітовий шнур прийнято використовувати в ході проведення ізоляційних робіт у разі промокання.

## 6. КЕРАМІЧНІ ПЛИТКИ

### 6.1. Історична довідка

#### Керамічна плитка в історії найдавніших держав.

Найперші фрагменти зразків керамічної плитки були виявлені в Межиріччі річок Євфрату і Тигра.

Керамічна плитка широко використовувалася в таких найдавніших державах, як Стародавня Греція, Вавилонія, Давній Єгипет, Стародавній Рим та інші. Тут її виробництво зародилося ще в період II-I тисячоліть до н.е. Їх досвід багато в чому навіть зараз дуже цінний і практично застосовний.

Безумовно, найдавнішим аналогом керамічної плитки по праву вважається глазурована цегла (рис.10.3). Але практично одночасно з нею розвивалися і такі види облицювальних покриттів, як мозаїка (рис.10.4) і теракотова плитка.



Рис.10.3. Вавилон. Сині ворота богині Іштар

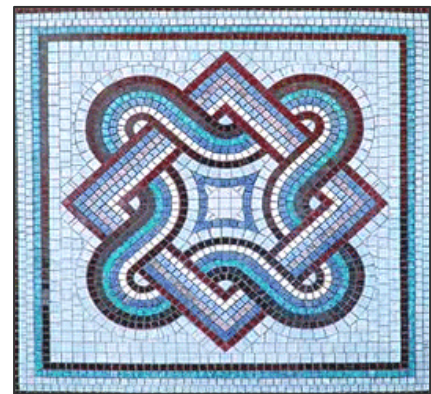


Рис.10.4. Мозаїчний узор

**Плиткове виробництво давньоіранських держав.** Перше тисячоліття нової ери у сфері виробництва керамічної плитки пройшло під знаком держави Стародавнього Ірану. Практично весь період з III століття до н.е. по VIII століття н.е. керамічна плитка виробляється переважно на території цієї держави.

**Керамічна плитка в стародавній Іспанії.** З території іранської держави якісні зразки керамічної плитки розповсюдилися по всьому азіатському континенту. Маври (араби), які жили з VIII століття на території сучасної Іспанії, принесли з собою і технологію виробництва унікальної на ті часи іранської плитки. При будівництві своїх міст маври використовували у великій кількості керамічну плитку і мозаїку для обробки храмів і культових споруд (рис.10.6).

З VIII по XV століття на території Іспанії починається війна проти маврів, які несли мусульманську віру, так звана християнська Реконкіста. Маври (араби)

були вигнані з Іспанії, а їх керамічні секрети стали відомі католицьким іспанським ченцям.

На сьогодні плитки виробництва цієї країни вважаються одними з кращих у світі. Продукція іспанських фабрик користується найбільшою популярністю на території Європи і інших континентів. Причиною тому є те, що іспанським майстрам вдалося зберегти кращі із стародавніх традицій і технологій виробництва виробів з кераміки, і внести до цього процесу свій необхідний внесок.

**Італійський внесок у виробництво керамічної плитки.** Ще одним незаперечним лідером сучасності у виробництві керамічної плитки є Італія. Історія італійської плитки починається з IX століття н.е.

Іспанці, що подарували основну технологію виробництва, концентрували увагу на якості отриманого облицювання. Італійці ж головним критерієм вважали красу виробів.

**Історія вітчизняної керамічної плитки.** На Київській Русі керамічна плитка з'явилася в IX столітті з приходом християнства. За часів християнізації на території країни з'являються перші ремісники, які виробляють плитку за грецькою технологією.

Грецький напрям у виробництві керамічної плитки на Русі активно розвивався аж до XVII століття і був повністю підпорядкований церкві. Спочатку виробництво було зосереджене у Києві, де з'явилися перші на Русі майстерні, а після монголо-татарського нашествия основні виробничі центри розповсюдились також до Москви і Пскова.

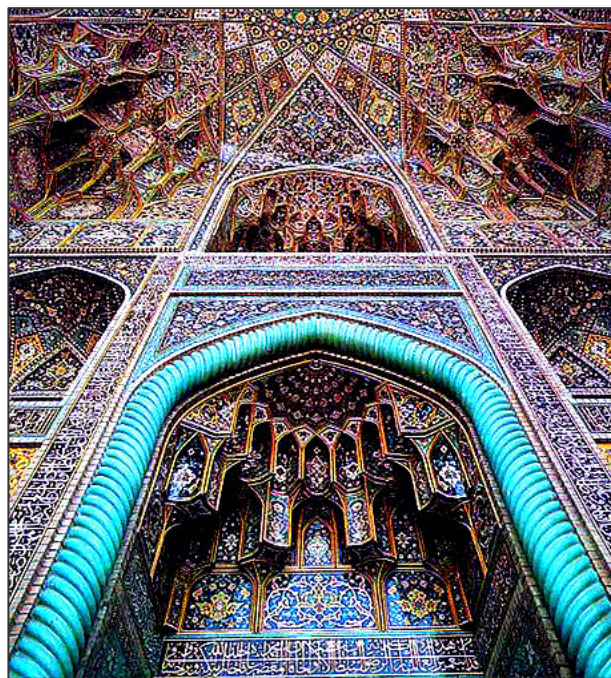


Рис.10.6. Мавританський (арабський) керамічний стиль

---

## 6.2. Класифікація, розміри, позначення і технічні характеристики

### 6.2.1. Класифікація

Керамічні плитки за призначенням розподіляються на три групи:

- **фасадні** – для зовнішнього облицювання;
- **фаянсові глазуровані** – для внутрішнього облицювання;
- **плитки керамічні для підлог.**

## Фасадні плитки

Виготовляють як з пластичних керамічних мас, так і з напівсухих мас.

Можуть бути як глазуровані, так і не глазуровані.

Плитки виготовляють квадратної і прямокутної форми. Основні розміри:

- мінімальний розмір сторони – 50 мм,
- максимальний – 300 мм,
- товщина – від 4 до 9 мм.

Водопоглинення – не більше 12%.

Морозостійкість – для стінових  $\geq 40$ , для цокольних  $\geq 50$  циклів.

Міцність на згин – для стінових  $\geq 16$  МПа, для цокольних  $\geq 18$  МПа.

---

## Фаянсові глазуровані плитки для внутрішнього облицювання

Треба пам'ятати, що ця глазур не міцна і не слід цю плитку використовувати для підлог (тобто не за призначенням).

За формою плитки випускаються

- квадратними,
  - прямокутними
  - фасонними,
- що діляться на – кутові, карнизні і плінтусні.

---

Плитки характеризуються межею міцності

- при вигині – не менше 15 МПа;
- водопоглинання – не більше 16 %.
- плитки з поливою повинні бути газо- і водонепроникними.

---

## Плитки керамічні для підлог

Плитки підрозділяють:

- за призначенням – на основні та бордюрні;
- за формою – на квадратні, прямокутні, багатогранні та фігурні.

Розміри сторін – від 150 до 500 мм.



## Фізико-механічні характеристики керамічних плиток для підлог

Найменування показника	Значення для плиток	
	не-глазурованих	глазурованих
Водопоглинання, %, не більше	3,5	4,5
Границя міцності при вигині, МПа, не менше, для плиток завтовшки:		
– до 9,0 мм включно	28,0	28,0
– понад 9,0 мм	25,0	25,0
Морозостійкість, число циклів, не менше	25	–
Твердість глазури за Моосом, не менше	–	5

### 6.3. Сировина

Для фасадних плиток – використовуються світлопечені глини, і додаткові матеріали – шамот, дегідратовані глини або кварцовий пісок.

Для фаянсових плиток – застосовуються вогнетривкі світлопечені глини і каоліни, спіснюючі добавки (кварцовий пісок, обпалений шамот), плавні (польовий шпат, ніфелін, сієніт, перліт).

Вони, як правило, випалюються два рази:

- перший – **тривалий (бісквітний)**,
- другий – **политий**, під час якого відбувається закріплення поливу на раніше обпаленому черепку.

Для виготовлення плиток для підлог використовуються високоякісні високпластичні глиноземні глини.

Для виробництва **фасадної кераміки без поливу** сировина звичайно підготовляється

- **напівсухим**
- або **шлікерним** способом.

**Випал** робиться в

- **тунельних**
- або **роликових печак**

**при температурі**, що залежить від виду сировини:

- для виробів із **вогнетривких** глин – 1200...1300°C,
- **тугоплавких** – 1080...1160°C,
- **легкоплавких** – 950...1000°C.

**Тривалість випалювання** – 40...120 год.

## 6.4. Виготовлення фасадної плитки

### 6.4.1. Сировинні матеріали, склади мас і глазури

Для виробництва фасадних керамічних плиток застосовують:

- біловипальні і червоновипальні глини;
- опіснюючі матеріали (шамот, пісок кварцовий);
- плавні (пегматит, нефеліновий концентрат, перліт, склобій, крейду).

Масу готують такими способами:

- пластичним;
- напівсухим;
- шлікерним.

*Пластичний спосіб* рідше використовують у виробництві фасадних плиток, оскільки він не гарантує якісної переробки сировини і підготовки маси.

При *напівсухому способі* глинисті матеріали після попереднього подрібнення на каменеvidільних вальцях або на стругачах підсушують в сушильному барабані до вологості 7...8% і подрібнюють до величини частинок не більше 1,5 мм.

При *шлікерному способі* підготовки сировини використовуються розпилувальні сушарки для отримання прес-порошку. Цей спосіб підготовки найбільш популярний і найбільш якісний.

### 10.4.2. Технологічні схеми виробництва фасадних плиток

Основний спосіб виготовлення фасадних плиток:

- шлікерний спосіб підготовки маси з сушкою шлікера в розпилувальних сушарках;
- напівсухе пресування плиток з порошкоподібних мас;
- сушка і випалення плиток на поточно-конвеєрних лініях.

---

Використовують такі режими випалення фасадних плиток

- тривалий (без плавнів);
  - швидкісний (з плавнями).
- 

При виробництві *глазурованих фасадних плиток* застосовують:

- одноразове випалення;
- двократне випалення.

*Двократне випалення* рекомендується при використанні глин, які мають в своєму складі значну кількість газоутворювачів (органічних речовин, карбонатів, оксидів заліза).

---

**Формування.** Плитки формують напівсухим і пластичним способами. Закладні плитки формують пластичним способом.

*При напівсухому пресуванні плиток* використовують прес-порошки з вологістю 7...8%.

З отриманого прес-порошку плитки пресують в два етапи – при первинному питомому тиску пресування 3...5 МПа і вторинному – 27...32 МПа.

---

**Сушці** піддають плити напівсухого пресування і блоки пластичного формування в тунельних протиточних, радіаційних (рідше камерних) сушарках до вологості 1...2%. Температура повітря, яке поступає в тунельну сушарку 85...90°C. Тривалість сушки біля 24 годин.

---

**Випалення.** Фасадні глазуровані плитки виготовляють на лініях, в основному, одноразовим випаленням.

Відпресовані і висушені до 1...2% вологості плитки проходять через пристрій для глазурювання способом пульверизації, знову поступають в конвеєрну сушарку для досушки до вологості менше 0,5% і потім в піч для одноразового випалення.

Температура випалення 1000...1100°C, тривалість – 48...70 год.

---

## **6.5. Виготовлення фаянсової глазурованої плитки для внутрішнього облицювання**

### **Сировинні матеріали, склади формувальних мас і глазури**

При виробництві плиток для внутрішнього облицювання стін основною сировиною є, % за масою:

- глина – 25...75;
- каолін – 10...26;
- кварцовий пісок – 10...28;
- плитковий бій або шамот – 5...20;
- плавні (перліт, нефеліновий концентрат, склобій, польвошпатний концентрат) – 10...30.

### **Технологічні схеми виробництва**

При виробництві глазурованих плиток з тривалим режимом випалення застосовують тунельні печі, при швидкісних режимах сушки і випалення – поточно-конвеєрні лінії.

Виробничий процес складається з таких операцій:

- приготування шлікера маси для плиток;
- сушки шлікера і приготування прес-порошку;
- пресування і сушки плиток;

- випалення (утельного\*);
- сортування;
- глазурування;
- випалення (покритих глазур'ю);
- сортування і упаковки.

Для сушки шлікера застосовують баштові розпилювальні сушарки. Прес-порошок повинен мати вологість до 7%.

Плитки пресують на пресах для напівсухого пресування. Пресують в два прийоми з паузою для видалення повітря з маси. Первинний тиск при пресуванні 3,5...4,5 МПа, вторинний – 10...12 МПа (по манометру преса). Механічна міцність відпресованих плиток на вигин повинна бути не менше 0,6 МПа.

До методів нанесення глазурі і ангобу відносять:

- нанесення поливою (пристрої філь'єрного і конусного типу);
- пульверизацією (пневматичні форсунки, дискові пристрої).



Рис.10.7. Установки для нанесення глазурі або ангобу:

*а* – установка нанесення глазурі поливом філь'єрного типу; *б* – установка нанесення глазурі поливом конусного типу; *в* – установка нанесення глазурі пульверизацією; *1* – глазур у вигляді шлікеру;

\* Випалення керамічних виробів можна виконувати в один або декілька прийомів – попередній (утельний, або бісквітний), довивал (другий, або политий) і випалення декору (їх може бути декілька).

Декорування плиток може здійснюється двома методами шовкографії (серіографії):

- плоский трафаретний друк на шовкографі (за допомогою сіток-трафаретів);
- ротатійний друк на ротативній машині (за допомогою силіконових роликів).
- А також цифровим (принтерним) друком.

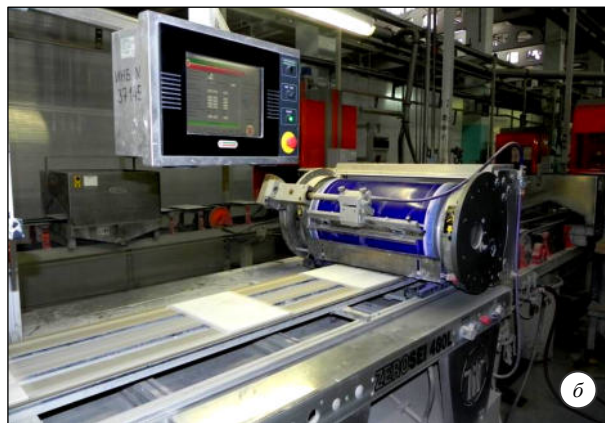


Рис.10.8. Декорування керамічної плитки: а – плоский трафаретний друк; б – ротатійний друк; в – ротатійний барабан з рисунком

## 6.6. Виготовлення керамічної плитки для підлог

### Сировинні матеріали, склади мас

Основною сировиною у виробництві плиток для підлог служать вогнетривкі і тугоплавкі глини.

В якості флюсуєчих добавок (які знижують температуру випалення) використовують нефеліновий концентрат, тальк, пегматит, перліт, склобій (ерклез).

### Технологічні схеми виробництва

Процес виробництва плиток для підлог включає:

- підготовку прес-порошку;
- пресування плиток;
- сушку і випалення плиток;
- сортування і упаковку.

Застосовують два способи приготування прес-порошків – напівсухий і шлікерний.

**Напівсухий спосіб** полягає в тому, що глину з кар'єрною вологістю дроблять в стругачах, сушать до вологості 7...8% в сушильних барабанах і направляють в бункери. З бункерів глину подають в помольні агрегати, де її подрібнюють до тих пір, поки не буде отриманий порошок із вмістом частинок менше 0,5 мм в кількості 40...70%.

**Шлікерний спосіб** забезпечує найбільш високий ступінь перемішування компонентів при багатоконпонентній шихті і найбільшу однорідність маси як по властивості, так і за кольором.

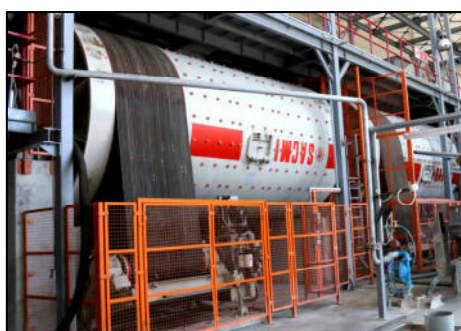


Рис.10.13. Модульний млин мокрого помелу безперервної дії ММС-180 (Sacmi, Італія)

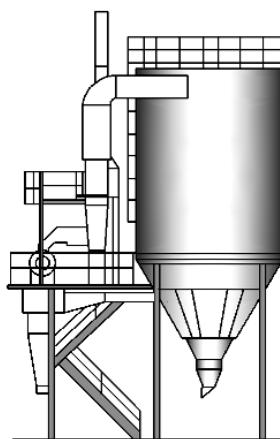


Рис.10.14. Баштова розпилювальна сушарка АТМ-200 (Sacmi, Італія)

Шлікер зневоднюють в баштових розпилювальних сушарках (атомізаторах) до вологості 7...8%.

Після баштових розпилювальних сушарок порошок поступає на преси. Пресування відбувається в два ступені з питомим тиском на I ступені 4...8 МПа, на II ступені – 20...30 МПа.

**Швидкісна сушка плиток** здійснюється в однорядних щілинних конвеєрних сушарках. Плитка автоматично після преса розкладається по ширині конвеєра і сушиться протягом 17...18 хв. при високій температурі (до 280°C) і при великій швидкості теплоносія (до 4 м/с). Несучим пристроєм конвеєра може бути роликівий ланцюг, сітка, роликівий конвеєр.

Цей етап необхідний, щоб остаточно видалити вологу, понизивши її вміст практично до нуля, але не більше 0,5%.

Після сушки плитки поступають **на випалення** в печі різних конструкцій – періодичної дії, тунельні або безперервно діючі однорядні і багатоканальні.

Тунельні печі безперервної дії в порівнянні з печами періодичної дії мають коротший термін випалення, повніше використання теплоти випалених виробів і димових газів, триваліший міжремонтний період експлуатації.

Найбільш ефективні агрегати для випалення плиток поточно-автоматизовані конвеєрні лінії з роликівими печами.

### Керамічний граніт (грес, gres)

Це варіант щільно спеченої керамічної плитки, який відрізняється від звичайної керамічної плитки однорідністю складу і високими експлуатаційним характеристиками. Деякі види керамограніту для досягнення декоративного ефекту покриваються глазур'ю.

Інші відмінності:

- Для виробництва керамічного граніту використовується тільки біла глина, найбільш плавка і найбільш стара. Завдяки її спіканню з іншими матеріалами, керамічному граніту вдається досягти водопоглинання, близького до нуля. Всі елементи матеріалу – пісок, глини і інші сировинні компоненти, підбирають за принципом високої чистоти, мінералогічною і хімічною стабільністю.
- Керамічний граніт отримують при високому тиску – близько 500 кг/см<sup>2</sup>, і випалюють при високій температурі (≥ 1200°C). Завдяки високому тиску вдається уникнути порожнеч і пор, завдяки високій температурі утворюється моноліт, який за технічними характеристиками перевершує навіть природний камінь.
- Так само керамограніт відрізняється від звичайної плитки водопоглинанням ≤ 0,5%; межею міцності ≥ 600 кг/см<sup>2</sup> (на відміну від звичайної керамічної плитки, яка витримує 350...400 кг/см<sup>2</sup>); морозостійкістю – не нижче 100 циклів.

### Порівняльні дані фізико-механічних показників плитки "грес"

№ п/п	Характеристики	Показники		
		відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-117-2002	фактичні показники плитки 300×300×7 мм	фактичні показники плитки 300×300×12 мм
1	Водопоглинання, %	≤ 3,5	0,01...0,5	0,01...0,2
2	Зносостійкість, г/см <sup>2</sup>	≤ 0,18	0,1	0,1
3	Міцність на згин, МПа	≥ 28	35...40	45...55
4	Морозостійкість, циклів	≥ 25	50	70

## Деякі терміни і поняття

---

### **Глазур сира**

Виготовлення сирої глазури найбільш просте – всі складові тонко подрібнюються і змішуються з водою до густини глазурного шлікеру.

---

### **Глазур фритована**

Для отримання фритованої глазури складові компоненти шихти спочатку фритують – тобто спікають, а краще, сплавляють. Отриманий розплав гранулюють, охолоджуючи струмінь розплаву водою. Далі гранулят висушують і подрібнюють до тонкодисперсного порошкоподібного стану і змішуються з водою до густини глазурного шлікеру. На відміну від сирих глазур – фритовані глазури, як правило, більш легкоплавкі. Фриткування диктується необхідністю усунення відхилення від заданого складу глазури, які викликаються розчинністю деяких компонентів шихти у воді.

---

### **Технологія DRY PRESS**

Технологія сухого пресування використовується для керамічного граніту. При його виготовленні малюнок на поверхню наноситься забарвленим сухим порошком, безпосередньо перед пресуванням. Завдяки даній технології можна створювати малюнок будь-якої складності структури на будь-якій заданій глибині. При цьому підвищуються експлуатаційні характеристики керамограніту.

---

**Цек глазури** – це сітка дрібних (волосяних) тріщин. Причина, що викликає цек – невідповідність коефіцієнтів термічного розширення глазури і черепка.

---



## 7. Сухі будівельні суміші

В Україні найбільш популярною протягом останніх 5-7 років є продукція з торговою маркою «Ceresit», виробництво якої здійснює фірма «Henkel Bautechnik» (Україна). Поряд з ними використовуються суміші фірм «Атлас» (Польща), «Вітоніт» (Фінляндія). Менш якісні матеріали виготовляють на невеликих і неспеціалізованих під відповідне обладнання установках.

### 7.1. Сировинні матеріали для сухих сумішей.

Таблиця 5.16 - Основні сировинні матеріали для сухих сумішей

Мінеральні в'язучі	Полімерні в'язучі	Наповнювач	Добавки
<ul style="list-style-type: none"><li>- Вапно (гашене і негашене),</li><li>- гіпс будівельний та високоміцний,</li><li>- портландцемент,</li><li>- глиноземний цемент</li></ul>	Редисперговані порошки на основі вихідних мономерів різного виду	<ul style="list-style-type: none"><li>- Тонкомолоті кварцові піски,</li><li>- крейда,</li><li>- доломіт,</li><li>- звичайні річні та яружні піски,</li><li>- мармурова і кам'яна крихта,</li><li>- перліт, вермикуліт спучені</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ефіри целюлози та крохмалу,</li><li>- антиспінювачі,</li><li>- пороутворювачі,</li><li>- гідрофобізатори,</li><li>- розріджувачі,</li><li>- згущувачі,</li><li>- прискорювачі твердіння,</li><li>- уповільнювачі твердіння</li></ul>

#### Мінеральні в'язучі.

**Вапно** (ГОСТ 9179-77) рідко використовується негашеним, його якість повинна бути регламентована вимогами до I сорту.

**Гіпс** (ГОСТ 125-79). Участь гіпсу визначає швидкість тверднення матеріалу. Використовується гіпс

- будівельний ( $\beta$  - напівгідрат)

– і високоміцний ( $\alpha$  - напівгідрат),

який характеризується залишком на ситі 0.2 мм не більше 15%.

**Портландцемент.** Перевага надається клінкерам з вмістом  $C_3S > 55\%$ . Це визначає високі показники технічних властивостей матеріалу.

**Глиноземний цемент** (ГОСТ 969-91) відноситься до спеціальних в'язучих, які забезпечують інтенсивність процесу твердіння та високу міцність у ранні строки:

через 3 години після укладки матеріалу із сухої суміші його міцність досягає 10 МПа, а через добу 15-18 МПа.

---

**Полімерні в'язучі.** Характерною особливістю цих в'язучих, які використовуються у складі сухих сумішей, є їх порошкоподібний стан.

Це полімери з вініловим ефіром, етіленом, вініл-хлорідом, акрілатом та іншими вихідними мономерами. Вони стійкі проти омилення в лужному середовищі цементів і утворюють довговічні сополімери.

---

**Наповнювачі.** Велике значення для структуроутворення має періодичність розміру частинок, яка робить матеріал добре «запакованим», що контролюється ситовим аналізом.. Саме тому в рецептурі сухих сумішей одночасно використовуються: кварцові піски від грубих до тонкомелених (до дисперсності цементу), крейда, доломіт, тощо.

Крім того, небажаними є глинисті та гумусові домішки. Діапазон наповнювачів декоративного призначення може бути надзвичайно широким .

---

**Домішки.** Велику групу домішок складають органічні речовини, введення яких і визначає багато переваг сухих сумішей. Серед них найважливішою можна вважати метилцелюлозу (для водотримання в тонкому ша-

рі).

Значну групу домішок являють поверхнево-активні речовини, властивості яких проявляються на межі розділу фаз і діють як

- змочувачі,
- емульгатори
- диспергатори,
- піноутворювачі,
- згущувачі та інше.

Так, піноутворювачі сприяють формуванню в матеріалі найдрібніших пор, що підвищує еластичність розчинів, запобігає усадці та тріщиноутворенню. Це, в свою чергу, підвищує морозостійкість клеїв, штукатурок, фарб.

Загущувачі на основі ефіру крохмалу підвищують фіксуючі властивості, покращують перероблюваність і однорідність маси в шпаклівках, штукатурках.

---

**Пігменти** – порошкоподібні фарбуючі речовини, які здатні в суміші з в'язким без розчинення в них утворювати фарбові суміші у вигляді сухих фарб або штукатурок. Від них залежать не тільки колір, але і довговічність покриття.

---

**Особливості механізму структуроутворення.** Відомо, що для гідратації цементу необхідно лише 5-6% воді від тієї кількості, яку ми додаємо при отриманні будівельних розчинів. Однак ситуація змінюється, коли цементовміщуючі маси працюють в тонкому шарі, який нанесений на поверхню певної пористості: вода з поверхні тонкого шару досить швидко випаровується, а з нижніх шарів - адсорбується пористою основою.

Полімер у вигляді диспергованого порошку в поєднанні з такими добавками як метилцелюлоза різних модифікацій забезпечує настільки значне водовтримання в плівці покриття, що цемент гідратує (твердне) в найбільш сприятливих умовах.

При цьому водоцементне відношення зменшується практично в два рази за рахунок пластифікуючого ефекту полімерів, а міцність цементу при стиску збільшується. Забезпечуючи цемент водою, полімери утворюють смоли або полімерні плівки, які пронизують у вигляді сітки увесь матеріал по об'єму, збільшують когезію і адгезію на межі з основою. Оптимальний вміст полімеру, його рівномірний розподіл забезпечує необхідну кількість як на межі поверхні, так і в цементній матриці.

---

## **7.2. Технологія виробництва сухих сумішей.**

Обов'язковою умовою якості сухих сумішей є обмеження по залишковій вологості не більше 0,5% по масі. Ця вимога розповсюджується на всі компоненти суміші.

Весь виробничий цикл умовно ділиться на три етапи:

- підготовчі операції,
- змішування,
- упаковка.

Виробничий процес організовується по принципу самотьоку, тому батарею силосів встановлюють на верхніх позначках.

В цілому заводи по виробництву сухих сумішей повинні розташовуватись у відповідності з наступними апаратурними технологічними можливостями:

- ємкості - накоплювачі для в'язучих, наповнювачів і добавок;

- високоефективні дозуючі пристрої;
  - змішувач спеціального типу, який забезпечує максимальну однорідність продукту;
  - пакувальна апаратура і тара, яка забезпечує необхідну герметичність продукту від попадання вологи, або пересувні автосилоси будівельних фірм-споживачів;
  - склад закритого типу сировинних матеріалів і продуктів.
- 

**Номенклатура і властивості сухих оздоблювальних сумішей.** Вона представлена такими групами:

- клеючі розчини з широким діапазоном функціональних можливостей;
  - самовирівнюючі суміші для підлоги або її шарів з подальшим вкладанням опорядження;
  - суміші білі та кольорові для затирання швів різної ширини при вкладанні плитки (фуги);
  - ґрунтовочні маси і вирівнюючі маси по штукатуркам;
  - штукатурні маси – білі, кольорові, рустовані;
  - сануючі накривні маси (це система штукатурок, які наносяться в декілька шарів);
  - фарби білі та кольорові;
-

## 8. СКЛО

*Склом* зветься речовина, що характеризується аморфною структурою, яка отримана при переохолодженні розплаву. Скло характеризується не температурою плавлення, а температурним інтервалом, у якому при нагріванні скло поступово переходить із твердого стана в рідке.

---

### 8.1. Номенклатура

*Листове будівельне скло* (ГОСТ 111-90) випускають товщиною від 1 до 15 мм. Його використовують для застосування вікон будинків, облицювання, виготовлення дверей, перегородок.

Листове будівельне скло може бути

- віконним,
- полірованим,
- армованим,
- візерунковим.

Крім того, до листового скла відносяться

- стемаліт
- і скломармур.

*Стемаліт* - листове скло, покрите з однієї сторони керамічною фарбою, яке пройшло загартування для зміцнення і закріплення фарби.

---

*Склопакети* (ГОСТ 24866-89) виготовляють із двох (або трьох) листів скла, з'єднаних між собою по краю з утворенням герметичної порожнини, заповненої повітрям. Довжина пакетів до 2 м, ширина до 0,8 м, товщина скла 3-6 мм. Листи скла, що утворюють пакет, з'єднуються склеюванням, паянням або зварюванням. У деяких випадках порожнину пакету заповнюють скловолокном.

---

**Архітектурно-будівельні вироби** - це склопрофіліт, склоблоки, дзеркала, килимово-мозаїчні плитки і скло, використовуване для виготовлення вітражів.

---

**Склопрофіліт** - профільне скло(ГОСТ 21992-83), що представляє собою скляні вироби з поперечним перетином у виді швелера. Виготовляють профільне скло методом прокату з маси з високим вмістом глинозему або зі звичайної скломаси, застосовуваної для виготовлення віконного скла.

---

**Склоблоки** (ГОСТ 9272-81\*) - герметично закриті порожні скляні блоки з гладкими зовнішніми і ребристими внутрішніми поверхнями. Блоки випускають із безбарвного або кольорового скла розмірами: 294x294x98, 244x244x98, 194x194x98, 194x194x60 і 194x194x98 мм. Їх одержують термічним зварюванням напівблоків, відпресованих на карусельних пресах.

---

## **7.2. Сировинні матеріали**

Основні – кварцові піски, лужні солі (сода, поташ, сульфат натрію), вапняк, доломіт, магнезит,

До допоміжних матеріалів відносяться **барвники, глушники, знебарвлювачі і освітлювачі**.

**Барвники** - оксиди свинцю, міді, бора - додають визначений колір склу.

**Глушники** - фосфорнокислі, фтористі солі, що розподіляються в склі у виді дрібних частинок, розсіюють світло і утворюють скло дріб'язково-білого кольору.

**Знебарвлювачі** - оксид і закис нікелю, селен, з'єднання марганцю - усувають фарбування скла від оксидів заліза. Знебарвлення скла відбувається за рахунок надання йому додаткового фарбування, що утворить білий ко-

лір. Наприклад, червоний колір буде додатковим до зеленого, жовтий - до фіолетового і т.д.

**Освітлювачі** - трьохоксид миш'яку, селітра - видаляють газові вклучення (пузири) із розплаву.

**Прискорювачі** - з'єднання фтору, бора, хлору - прискорюють процес варіння скла.

---

**8.3. Технологічний процес** виробництва виробів із скла включає наступні основні операції:

- готування скляної шихти,
- варіння скла,
- формування виробів,
- а також випалювання і загартування виробів.

Скло варять у печах періодичної або безперервної дії.

Найбільше поширеними способами формування виробів із скла є **човновий** і **безчовновий**.

**Човновий спосіб** заключається в наступному. Після охолодження скломаса надходить у підмашинну камеру ванні печі. У цій камері знаходиться поплавко-човник, що плаває на поверхні розплавленого скла.

При виході з щілини човника скломаса утворить «цибулину», із якої витягається стрічка скла. Для охолодження стрічки по висоті витягувальної машини, розташовані холодильники.

**Безчовновий спосіб** відрізняється від човнового тим, що стрічка витягається по вільній поверхні скломаси. Борта стрічки формуються за допомогою роликів примусового приводу. Існує два різновиди безчовникового способу – **вертикальний** і **горизонтальний**. При вертикальному способі



скляна стрічка піднімається нагору і прохолоджується. При горизонтальному - витягнута стрічка знаходячись ще в стані, що не застигнув, за допомогою перегинного ролика перегинається в горизонтальне положення з наступним охолодженням.

Хоча основна кількість листового скла робиться човновим способом, якість його поступається склу, одержуваного безчовниковим способом.

Перевагою горизонтального способу формування в порівнянні з вертикальним безчовниковим є висока продуктивність установок, але при цьому якість поверхонь погіршується через перегин скла на перегинальному валику.

---

Для створення **полірованої поверхні** скла поряд із механічною обробкою листів широко **використовується метод вогневого полірування (флюат-метод)**. Він полягає в тому, що зі скловареної печі скломаса виливається на розплавлене олово і утворює шар скла товщиною біля 6,3 мм. Одержувана в такий спосіб стрічка не стикається при формуванні з твердими деталями. Під час руху по поверхні розплавленого олова стрічка наприкінці ванни прохолоджується від 900 до 600°С і, відокремившись від олова, надходить у піч відпалювання.

При швидкому нерівномірному охолодженні маси після формування виробів у склі виникають внутрішні напруження. Для зняття або зменшення їх роблять теплову обробку скла з наступним повільним і рівномірним охолодженням. Така обробка називається **відпалюванням**.

**Загартування** виробів зі скла призначене для збільшення їхньої міцності шляхом створення залишкових рівномірно розподілених напруг. Воно робиться нагріванням скла до вищої температури відпалювання з наступним швидким і рівномірним охолодженням.

## 9. СИТАЛИ І ШЛАКОСИТАЛИ

**Ситали** - склокристалічні (полікристалічні) матеріали, які одержують регульованою кристалізацією скла. У будівництві найбільше розповсюджені шлакоситали, у яких основний компонент - шлак.

Для одержання ситалів і шлакоситалів у шихту добавляють невелику кількість каталізаторів, що інтенсифікують процес кристалізації скла з утворенням дрібних, рівномірно розподілених кристалів. Склофази при цьому повинно бути менше 40 %.

---

Існує **дві групи каталізаторів** кристалізації.

У **першу групу** входять золото, срібло, оксид міді й ін. Вони при варінні маси розчиняються, а при термічній обробці скла служать центрами кристалізації.

В **другу групу** входять солі і оксиди різних металів. Вони утворюють неоднорідний розплав скла, що містить фази різного складу. Одна з фаз подана у вигляді капель, рівномірно розподілених в іншій.

При термічній обробці такого скла розподіл фаз служить центрами кристалізації новоутворень.

Ситали і шлакоситали мають високі фізико-механічні і коррозійно-стійкі властивості.

Середня щільність, кг/м <sup>3</sup>	2600-2750
Межа міцності, МПа	
– при стиску	450-600
– при згинанні	70-120
– при розтягу	35-45
Коефіцієнт стираності, г/см <sup>2</sup>	0,012-0,05
Модуль пружкості, МПа	(0,9-1,1).
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·С)	0,8
Температура розм'якшення, °С	850-900
Хімічна стійкість до 96 %-й сірчаної кислоти, %	99,8

Листи і плитки зі шлакосіталів застосовують для захисту будівельних конструкцій від корозії і абразивного зношування, для облицювання стін, покриття підлог та ін.

Економічна ефективність застосування шлакосіталів обумовлена їхньою довговічністю і високими фізико-механічними та іншими властивостями.

---

## 10. Кам'яне литво

Матеріали, які одержують способом кам'яного лиття, називають *петрургічні*. Для цього використовують розплавлені гірські породи, суміші осадових порід, хімічні речовини і металургійні шлаки.

Матеріали, одержувані кам'яним литтям, перебувають із різних мінералів і склоподібних прошарків, що цементують кристалічні фази.

Залежно від мінералу петрургічні матеріали бувають

- піроксеновими,
- мелітовими,
- мулітовими,
- корундовими,
- бадделеітокорундовими
- і фторфлогопітовими.

---

**Сировиною** для виробництва піроксенових матеріалів служать

- граніти,
  - базальти,
  - діабазы,
  - доломіти,
  - шлаки,
  - муліт,
  - корунд,
  - слюди (флогопіт) та ін.
-

Розплави одержують у

- вагранках,
- полум'яних,
- електродугових і інших печах.

Температура розплаву залежить від сировини і коливається від 1300 до 1900°C.

Формують вироби способом лиття в

- піскових,
- металевих
- і графітових формах.

---

Відформовані вироби піроксенового, мелітового і фторфлогопітового складів повільно охолоджують протягом 8–24 год.

При розплавах типу мулітового, корундового, баделеітокорундового виробу **охолоджують декілька діб**.

Матеріали, які одержують кам'яним литтям, характеризуються високими фізико-механічними властивостями, а також корозійною стійкістю.

Основні показники властивостей петрургічних матеріалів:

Межа міцності, МПа	
при стиску	60-500
при згинанні	15-65
Водопоглинання, %	0,1-0,2
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м°C)	0,9-1,1
Термостійкість, С	500-900
Кислотостійкість, %	98,6-99,8
Лугостійкість, %	90

---

Мулітові і баделеітокорундові матеріали при температурі 1350-1500°C мають високу корозійну стійкість по відношенню до розплавів скла, шлаків і металів.

Колір матеріалів, одержуваних кам'яним литтям, може бути чорним, зеленуватим, ясно-жовтим, білим, сірим та ін.

Застосовують ці матеріали для спеціальних цілей:

- облицювання скловарених і плавильних печей,
- технологічного устаткування.

А також для інших цілей, наприклад для виробництва бруківки.

---

## 11. ДЕРЕВОВОЛОКНИСТІ ПЛИТИ

Крупнорозмірні листові вироби, які одержують формуванням **подрібненої у волокнисту масу деревини** з наступною тепловою обробкою, називають **деревоволокнистими плитами**

В залежності від ступеня ущільнення при формуванні деревоволокнисті плити (ДВП) бувають

- м'якими,
- напівтвердими,
- твердими,
- надтвердими.

Всі вони являють собою оздоблювальний матеріал. Крім того, ізоляційні (м'які) плити застосовуються для тепло- і звукоізоляції помешкань будинків і споруджень, тверді плити використовуються і у якості конструкційних матеріалів.

Ізоляційні плити із середньою щільністю до  $150 \text{ кг/м}^3$  повинні мати коефіцієнт теплопровідності - не більш  $0,055 \text{ Вт/(см}^2\text{С)}$ . Гранична температура застосування плит  $100^\circ\text{C}$ .

Пористість деревоволокнистих плит регулюється технологічними параметрами, у першу чергу тиском пресування, і може досягати 80 %.

У якості **сировинних компонентів** для виробництва деревоволокнистих плит використовують

- деревину,
- стебла деяких рослин,
- антисептики,
- а для надання більшої міцності - клеючі речовини.

Основним видом сировини для плит є **деревина**.

Звичайно використовують

- неділову деревину хвойних порід (сосна, ялина, кедр) і лис-

- тяних (осика, береза, тополя),
  - а також відходи при заготівлі лісу і деревообробці,
  - волокна,
  - макулатуру,
  - стебла рослин (очерет, рогоз, соняшник, бавовник, кукурудза),
  - а також соломі і костру.
- 

Для виробництва деревоволокнистих плит застосовують тріски, які повинні задовольняти наступним вимогам: довжина частин - 35 мм, товщина - до 5 мм, кут зрізу - 30-60. Тріска повинна містити кори не більш 15 %, гнилі - не більш 5 %, мінеральних домішок - не більш 1 %. У зв'язку з тим, що хвойні дерева мають у своєму об'ємі до 95 % довгих і міцних волокон, а листяних - до 65 %, доцільніше при виготовленні деревоволокнистих плит використовувати деревину хвойних порід.

---

Для надання водостійкості деревоволокнистим плитам волокна проклеюють каніфольно-парафіновою або парафіновою емульсією.

До складу твердих і надтвердих плит можна додатково вводити спеціальні полімерні суміші і, у першу чергу, фенолформальдегідні смоли.

Технологія деревоволокнистих плит включає два основних етапи

- підготування сировини (помел і обробка тріски)
- і формування плит.

Волокнисту масу можна одержати двома способами –

- сухим
- і мокрим.

Мокрим способом одержують усі види деревоволокнистих плит, сухим - тільки тверді і надтверді.

Для одержання напівтвердих і твердих плит килим піддається гарячому пресуванню, під час котрого волокна зближаються і поліпшується їхній контакт. Крім того, при пресуванні відбуваються фізико-хімічні процеси, обумовлені гідролізом геміцелюлози й утворенням смолеподібних продуктів, що склеюють волокна між собою і створюють міцний каркас.

Приготування тріски полягає в обдиранні кори на

- корообдиральних барабанах,
- водоструйних корообдиральних
- або на ножових верстатах.

Тріски одержують за допомогою

- дискових
- або барабанних рубильних машин.

Фракціоновані і промиті тріски надходять на подрібнення

- механічним,
- термомеханічним
- або хіміко-механічним способами.

Середня довжина і діаметр волокон знаходяться відповідно в межах – 30...50 мм і 3...4 мм.

---

*Механічний спосіб* подрібнення полягає в стиранні деревини рифленими дисками або циліндрами, що швидко обертаються.



*Хіміко-механічний спосіб* базується на протіканні досить складних фізико-хімічних процесів у деревині, викликаних її обробкою слаболужними розчинами з наступним подрібненням. При варінні деревини в слаболужному розчині повністю розчиняється лігнін і частково - геміцелюлоза, а також руйнуються речовини, що з'єднують волокна. Це полегшує подрібнення тріски і одержання довгих високоеластичних волокон.

*Термомеханічний спосіб* полягає в прогріві деревини гарячою водою (не нижче 70 °С) або парою високого тиску з наступним її подрібненням між двома обертовими рифленими, дисками.

---

При *мокрому способі* волокниста маса подається в басейни для вирівнювання складу і обробки речовинами з метою поліпшення властивостей готових плит.

---

З басейну суспензія подається у ящик безперервного проклеювання, куди при інтенсивному перемішуванні вводяться антисептики (фтористий і кремнефтористий натрій, креозол), антипірени (сірчанокислий амоній, залізоамонітофосфат). Після проклеювання маса розбавляється до концентрації 0,9% і подається *у відливальну машину*.

---

*Обезводнюється маса і формуються вироби* в результаті вільної фільтрації води через сітку, вакуумування, пресування.

---

Отриманий килим надходить на *подовжнє і поперечне різання*.

---

Для одержання *м'яких плит* відформовані вироби надходять на *сушіння*.

М'які плити сушать у сушильних агрегатах безперервної дії протиточ-

ного типу з рециркуляцією. Тривалість сушіння при температурі 130-160 °С біля 3 год.

---

Для виготовлення **напівтвердих і твердих плит** їх піддають **гарячому пресуванню**. У процесі гарячого пресування (170°C) залишковий лігнін розм'якшується, міцно зчіплює волокна й утворюються смолеподібні продукти на основі геміцелюлози. При цьому відбувається подальше висушування виробів.

---

**Після гарячого пресування** для підвищення якості плити на протязі 30 сек просочують у ванні з **гарячою олією** (тунговою, льняною, талловою) при температурі 110-120°C.

---

*Сухий спосіб* виробництва деревоволокнистих плит полягає в одержанні деревних волокон, що склеюються між собою за допомогою полімерного в'язучого. Просочені в'язучим деревоволокнисті плити піддаються гарячому пресуванню, під час якого відбувається затвердіння в'язучого.

---

## 12. Деревостружечні плити

Деревостружечні плити (ДСП) виготовляють із дерев'яних стружок, які покриті і склеєні між собою синтетичним полімером.

Залежно від середньої щільності плити діляться на:

- легкі теплоізоляційні із середньою щільністю до  $500 \text{ кг/м}^3$ ,
- напівважкі - до  $650 \text{ кг/м}^3$ ,
- важкі - до  $800 \text{ кг/м}^3$ ,
- надважкі - до  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

Так само, як і ДВП, вони використовуються як оздоблювальний матеріал.

---

Деревостружечні плити (ГОСТ 10632-89\*) бувають:

- суцільними одношаровими,
- двошаровими,
- трьохшаровими або багатопустотними,
- а також комбінованими, які одержують склеюванням двох і більше плит.

---

При виготовленні плит використовують методи

- екструзії (видавлювання)
- або плоского пресування.

---

У залежності від оздоблення поверхні можуть бути

- облицьованими
- або не облицьованими.

---

Основні фізико-механічні характеристики деревостружечних плит:

- середня щільність -  $500-800 \text{ кг/м}^3$ ,
  - межа міцності при розтягуванні -  $0,3$ ,
  - при згинанні -  $13-22 \text{ МПа}$ ,
  - розбухання по товщині -  $14-25 \%$ .
-

До складу сировинної маси для надання **біостійкості** вводять **антисептики**, для **важкоспалюваності** - **антипірени**.

При виробництві плит застосовують стружки хвойних і листяних порід.

Для верхніх шарів трьохшарових плит доцільно застосовувати м'яку і легку деревину,  
а для середніх - відходи від дроблення, деревообробки і технологічні тріски від рубальних машин.

---

У якості **синтетичних полімерів**, якими покривають і проклеюють дерев'яну стружку, вводять **фенолформальдегідні і карбамідні смоли**.

---

**Технологія виробництва** деревостружечних плит включає:

- підготовка сировини;
- первинне ножове подрібнення деревини в стружку;
- вторинне подрібнення;
- розподіл подрібненої деревини на фракції з наступним її сушінням;
- змішування стружки зі смолою і гідрофобізуючими домішками, пігментами і антисептиками;
- формування стружечного килиму;
- холодне пресування;
- гаряче пресування;
- витримування готових плит у спеціальних приміщеннях
- і форматне обрізання плит.

Підготовка сировини передбачає гідротермальну обробку при надлишковому тиску 0,15-0,2 МПа або проварювання у воді деревини з наступним очищенням від кори.

Переробляють деревину на стружку декількома способами:

- 1) грудкові відходи переробляють у технологічні тріски на рубальних машинах із наступним подрібненням тріски на стругальних верстатах;
- 2) кругляк, дрова, колоту деревину, а також обрізки дощок і горбилей товщиною більш 50 мм переробляють на мірні чураки з наступною переробкою в стружку на спеціальних стругальних верстатах і додатковому подрібненні стружки по ширині на дезінтеграторах або в молоткових

дробарках;

3) довгу деревину (кругляк, грудкові відходи) переробляють на універсальних стругальних станках.

Стружка, яка використовується для виготовлення деревостружечних плит, повинна мати довжину від 10 до 40 мм, товщину - 0,2-1 мм в залежності від шару плити.

---

Перед змішанням стружки з іншими компонентами її **вологість** повинна бути **не більш 7%** для зовнішніх шарів плит, 3-5 % - для внутрішніх і екструзійних плит. З цією метою стружку сушать у сушильних агрегатах.

---

**Змішують компоненти** в змішувачах періодичної і безперервної дії. Для кращого змішування використовується смола у вигляді дрібнодисперсного порошку або водно-колоїдного розчину. Звичайно витрата смоли складає 6-12 % відносно маси сухої стружки.

---

**Формувати плити** можна у формах і без них. Найбільше поширений спосіб формування в дерев'яних рамах на сталевих підкладкових листах. Завантажують масу у форми за допомогою вкладальних машин. Шар маси у формах через низку середню щільність стружки значно перевищує товщину плити, тому отриманий килим підпресовують.

---

**Гаряче пресування** виконується на пресах різної конструкції в залежності від виду плити. Трьохшарові плити плоского пресування виготовляють на багатоповерхових гідравлічних пресах, одношарові - на гусеничних пресах безперервної дії, одношарові екструзійні - у пресах видавлювання, багатошарові плити - в одноповерхових гідравлічних пресах імпульсної дії. Тривалість пресування для плит товщиною до 10 мм складає 7 і

4 хв відповідно при температурах 120 і 180°C. Питомий тиск пресування визначається необхідною середньою щільністю плити: із збільшенням тиску середня щільність зростає.

У спеціально опалювальних приміщеннях плити охолоджують, вирівнюється їхня вологість, у зв'язку з чим знімаються напруги. Після цього плити обрізають на форматно-обрізних верстатах.

---

### 13. Полімерні оздоблювальні вироби

**Загальні відомості.** Виробництво і розвиток полімерних оздоблювальних матеріалів найтіснішим чином пов'язано з розвитком органічної хімії.

Одержання вперше в 1828 р. німецьким хіміком Веллером органічної речовини (сечовини) синтетичним шляхом, відкриття в 1830 р. шведським хіміком Берцеліусом явища полімеризації, розробка в 60-х роках ХІХ в. А. М. Бутлеровим теорії будівлі органічних сполук - от основні гілки розвитку органічної хімії, що послужили їй подальшому розвитку в цілому і хімії полімерних матеріалів зокрема.

Першими промисловими синтетичними пластиками були феноласти. У 1902 р. у напівзаводських умовах був отриманий перший синтетичний полімер - лакаїн - за допомогою конденсації фенолу з форисьдегідом. У 1908 р. Бакеланд одержує патент на фенопласт «бакеліт». Одержує поширення ебоніт.

З 1907 по 1914 р. було налагоджено промислове виробництво штучних твердих фенольно-альдегідних полімерів, одержуваних шляхом поліконденсації. Видатну роль у цих роботах зіграв російський хімік Г. С. Петров.

Поліефірні і сечовиноформальдегідні полімери були освоєні промисловістю в 20-ті і 30-ті роки; друга половина 40-х років ознаменувалася бу-

рхливим розвитком виробництва полімеризаційних пластмас. Крім полістиролу, півнілхлориду з'явилися нові види поліконденсаційних полімерів - поліамідні, кремнійорганічні, поліуретанові та ін. Збільшення випуску синтетичних смол дозволило освоїти виробництво виробів і конструкцій на їхній основі.

В даний час промисловість випускає вироби широкої номенклатури з різних видів пластмас.

---

За **призначенням** оздоблювальні пластмаси умовно діляться на шість класів:

- рулонні - лінолеум, плівки, шпалери;
- плиткові - для підлог і стін;
- листові - еластичні, напівеластичні, жорсткі;
- погонажні - плінтуси, поручні та ін.;
- штучні - сантехнічні, архітектурні деталі, фурнітура й ін.;
- мастичні - мастики, клеї, лаки, фарби і т.д.

---

За **структурою** пластмаси розділяються на

- жорсткі (пластики)
- і еластичні (еластики).

---

До складу пластмас звичайно **входять три групи** речовин

- зв'язуючі, добавки і пластифікатори.

Крім того, вони можуть містити барвники, стабілізатори, прискорювачі тверднення й інші компоненти.

---

Залежно від **методів одержання полімери** поділяють на два види:

- полімеризаційні
- і поліконденсаційні.

**Полімеризаційні полімери** одержують у процесі реакції полімеризації, що проходить у результаті розкриття кратних зв'язків у ненасичених ни-

зькомолекулярних речовинах, або при руйнуванні нестійких циклів і з'єднань їх у довгі ланцюги. При полімеризації не виділяються побічні продукти, і склад полімерів, що утворюються, відповідає складу вихідного мономера. Реакцією полімеризації одержують полімери, що широко застосовуються в технології будівельних матеріалів. Це полістирол, поліетилен, поліакрилати, поліізобутилен та ін.

*Поліконденсаційні полімери* утворюються в ході реакції поліконденсації, що супроводжується виділенням побічних низькомолекулярних речовин. У зв'язку з цим склад основного полімеру, що утворився, відрізняється від складу вихідних мономерів. У реакції поліконденсації можуть брати участь тільки речовини, що містять функціональні групи. До поліконденсаційних відносяться широко застосовувані в будівництві фенольноальдегідні, сечовиноформальдегідні, поліефірні, поліуретанові, кремнійорганічні, епоксидні і інші полімери.

---

Всі полімери *чутливі до дії температури* і за цією ознакою *діляться*

- на *термопластичні*
- і *терморективні*.

*Термопластичні* - це полімери лінійної структури, властивості котрих обернено змінюються при багатократному нагріванні й охолодженні. Такі полімери розм'якшуються при підвищенні температури і знову затвердівають при її зниженні. До них відносяться поліетилен, полівінілхлорид, полістирол і ін.

*Терморективні* полімери не можуть переходити в пластичний стан при підвищенні температури.

---

*Наповнювач* грає істотну роль у пластмасі і по-різному впливає на зміну її властивостей. Він дає можливість зменшити витрату дорогого висо-



комолекулярного в'язучого і тим самим зменшити вартість пластмаси. У ряді випадків наповнювач підсилює механічну міцність пластмас, опір стиранню, теплостійкість і інші фізико-механічні властивості. Частіше застосовують тверді наповнювачі - порошкові, волокнисті і багат шарові.

*Пластифікатори* сприяють перетворенню твердих матеріалів у пластичний стан, зручний для надання їм бажаної форми. Збільшення пластичності полегшує переробку пластмаси. У якості пластифікаторів застосовують низькомолекулярні висококиплячі рідини, що добре сполучаються з полімером.

*Стабілізатори* - речовини, які вводяться в пластмаси для запобігання їхньої термічної деструкції. За своєю дією їх поділяють на світлостабілізатори і термостабілізатори. Цю групу речовин представляють солі лужних і лужноземельних металів, з'єднання свинцю, що містить фосфор та ін.

---

У залежності від виду полімерів, що використовуються, - термопластичних або термореактивних - застосовують відповідні технологічні прийоми переробки і формування пластмас у виробі.

Найбільше поширеним *способом формування термореактивних* пластмас є *пресування* формувальної маси.

До ефективних способів, що дозволяють застосувати повну автоматизацію процесу переробки термопластичних пластмас, відносяться лиття під тиском, інжекційне пресування, екструдкування, прокат, фібриляція, роздмухування, вакуумне і карусельне формування, занурення та ін.

*Пресування* широко використовують для одержання пластмасових плиток, що по властивостям можуть конкурувати з керамічними.

*Інжекційне пресування* можливо для виробів із поліетилену, полістиролу, полівінілхлориду й інших пластмас.

Найбільше перспективним є одержання пінопласту шляхом додавання

в пластик газоутворюючої речовини, що розкладається при температурі лиття під тиском. Таким способом отримують вироби, що мають спінену серцевину, оточену твердою оболонкою.

Вироби *шаруватої структури* одержують шляхом послідовного упорскування двох різних полімерів у форму з різних інжекційних пристроїв. Якщо в зовнішній оболонці виробу використовувати азбест, що підвищується теплостійкість полімеру, а в серцевині застосувати спінений полімер, то одержуваний виріб по фізико-хімічним характеристиках не поступається сталі.

*Екструдкування* здійснюється продавлюванням нагрітої термопластичної маси через матрицю з заданим отвором, у результаті чого одержують вироби необхідної форми і розмірів. Таким способом звичайно виготовляють труби, плінтуси, поручні, плівки й ін. У якості полімерних мас використовують полівінілхлорид, поліетилен, поліпропилен.

*Спосіб лиття* використовують при формуванні виробів на основі поліметилметакрилу. Розчин чистого полімеру або з наповнювачем розливають тонким шаром на рівній поверхні. Потім масу нагрівають і протікає або випаровування, або полімеризація розчинника (мономера). Цим способом виготовляють погонажні й інші будівельні декоративні вироби, що застосовують для оздоблення інтер'єрів і зовнішнього оформлення.

*Прокат або каландрування* найбільше широко використовуються в технології полімерних матеріалів.

Каландр - спеціальний агрегат, що складається з 3-4 порожніх валків, виготовлених із чавуну високої твердості або сталі. Для надання поверхні каландрованого матеріалу рівного і красивого зовнішнього вигляду поверхня валків повинна бути відшліфована і відполірована. Для поліпшення формування пластичну масу обігрівують паром через валки каландра.

При каландруванні маса проходить через зазори двох, трьох або чотирьох нагрітих валків, що крім формування одночасно виконують функції тиснення і друкування.

В основному цим способом виготовляють вироби для підлог, тканини з покриттягунням, а також плівкову пряжу і плівкове волокно.

При виготовленні **багатошарового лінолеуму** спочатку виготовляють плівки різного наповнення і фарбування. Верхні, більш відповідальні шари лінолеуму завжди містять більше пігментів і полімерів, чим нижні. Потім усі плівки дублюють, тобто пошарово з'єднують на барабанних пресах або каширувальних машинах.

**Рулонні матеріали** (плівки, шпалери) можна дублювати і на тиснильних і плівкових каландрах, а також на спеціальних багатовалкових пристосуваннях. .

Вироби на основі термопластичних смол, які були відформовані на різному устаткуванні, не потребують твердіння, однак із часом змінюють розміри. Щоб не допустити цього, додають спеціальні домішки, застосовують радіаційну обробку, високочастотний нагрів та ін.

---

При прокаті рулонних і плиткових матеріалів виникає так званий каландровий ефект, що виникає при проході матеріалу через зазор каландра і оцінюваний різницею в міцності матеріалу в напрямку каландрування і перпендикулярно до нього.

Для усунення каландрового ефекту матеріали піддають термообробці (відпалюванню), пропускаючи їх через обігрівальні барабани, печі, спеціальні установки, термокамери і т.і.

---

**Фібриляція** - процес механічної обробки плівки, що пропускається над металевим валиком, по окружності якого закріплена множина металевих

шпильок. У результаті утвориться м'яка волокниста маса, схожа на вату, що служить ізоляцією і сировиною для килимового ворсу.

---

*Роздмухування* застосовують для виготовлення порожніх виробів, ємностей, деталей машин, промислових резервуарів, рукавних плівок і ін. З цією метою екструдують тонку трубку, що надходить у порожню форму, яка відповідає конфігурації виробу. Форма затискає трубку-заготівку, а потік повітря притискає її до стінок. При охолодженні виріб автоматично звільняється від форми. Цим способом переробляють поліетилен високого і низького тиску, полівінілхлорид.

*Вакуумування* застосовують для фасонної обробки пластмасових листів, отриманих екструдуванням або прокатом. Нагрітий до розм'якшення лист полівінілхлориду, полістиролу, поліметилметакрилату засовується у форму за допомогою вакууму. Цим способом формують великі об'ємні вироби.

*Ротаційне або карусельне формування* передбачає використання порошкоподібного полімеру, що поміщається в нагріту обертову форму. Порошок, розподілений по стінці форми, плавиться й ущільнюється. Деталь після охолодження вважається готовою.

*Способом промазування* виготовляють рулонні матеріали на тканинній основі. Його сутність полягає в наступному. Компоненти полімерної маси - наповнювач, полімер, пластифікатор, барвник і інші складові відважуються в заданих кількостях і подаються в змішувач для попереднього перемішування, а потім - у змішувальну установку для остаточного ретельного змішання. Приготовлена полімерна маса надходить у бункер промазочної машини і за допомогою живильника наноситься на тканинну основу, що рухається безупинною стрічкою з рулону. Стрічка тканинного рулону з полімерною масою згладжується і калібрується за допомогою

калібрувальних ножів, і подається в термокамеру для желатинізації. Теплова обробка полімерного шару робиться за допомогою електронагрівачів при температурі до 260°C протягом 7-13 хв.

*Спосіб занурення* застосовують для захисту металевих поверхонь від стирання і корозії, використовуючи термопластичні порошкоподібні полімери. При цьому спосіб виріб нагрівають і занурюють або в пасту, або в розпилений порошок. Частки полімеру прилипають до металу і при подальшому нагріванні злипаються між собою, створюючи щільне покриття.

### **Оздоблювальні матеріали і вироби для підлог**

Підлоги повинні забезпечувати звуко- і теплоізоляцію, мати незначною стиранисть і досить високу естетичність. Широко використовуються при улаштуванні підлог полімерні матеріали. Добре зарекомендували себе підлоги з лінолеуму (без основи і на теплоізолюючій підоснові), із пресованих полівінілхлоридних плиток, а також монолітні. Частіше усього виготовляють лінолеум із полівінілхлориду і реліну.

Полівінілхлоридні лінолеуми випускаються промисловістю безосновними, багат шаровими і одношаровими і основними - на тканинній основі, на теплозвукоізолюючій повстяній або пористій основі. У якості зв'язуючого звичайно використовують суспензійний полівінілхлорид. Пластифікаторами є дибутилфталат, діоктилфталат і діалкілфталат.

Наповнювачами можуть бути дрібнодисперсні крейда, тальк, азбест і ін. Пігментами і барвниками звичайно являються мінеральні фарби. У якості стабілізаторів використовують стеарат кальцію, стеарат свинцю та ін. Розріджувачами можуть бути оліфа натуральна, оліфа-оксоль, хлорпарафін, трансформаторна олія. У табл.5.23 наведена рецептура мас для верхнього і нижнього шарів багат шарового полівінілхлоридного лінолеуму.

Технологія виробництва полівінілхлоридного лінолеуму включає дозу-

вання компонентів, їхнє змішування в лопатевих і роторних змішувачах з одночасним підігрівом маси до температури 160°C і переведенням її у в'язкотекучий стан. Формування одношарового лінолеуму робиться способом каландрування, двошарового - способом екструдуювання. Після каландрування лінолеумова полотнина надходить на барабанну холодильну установку, де охолоджується до температури 40 °С із наступним обрізанням країв і намотуванням готового лінолеуму в рулони.

При екструдуювання відбувається одночасно дублювання верхнього і нижнього шарів лінолеуму, після чого роблять каландрування в гладильному циліндрі, витримку в термокамері, охолодження, обрізку країв, намотування в рулони і упакування готового лінолеуму.

Багатошаровий лінолеум і лінолеум на теплоізоляційній основі можна виготовляти способом промазування або дублювання. В даний час останній спосіб є найбільш прогресивним. Шари багатошарового лінолеуму і верхній шар лінолеуму на теплоізоляційній основі виготовляють способами промазування, вальцьово-каландруванням або екструдуюванням.

Верхній шар лінолеуму на теплоізоляційній основі виконує також декоративні функції, у зв'язку з чим може мати прозору плівку з друкарським малюнком на її тильній стороні.

Повстяна, нетканеволокниста підоснова призначена для тепло- і звукоізоляції і виготовляється за голкопробивною технологією: на стрічку подаються волокна, що проходять через розчісувальні верстати, що розташовують волокна паралельно руху стрічки, за допомогою системи валків основа ущільнюється до необхідної товщини, потім піддається голкопробиванню, у результаті чого волокна зчіплюються між собою.

Підоснова буває трьох видів,:

1) із суміші вторинних у вигляді відходів і синтетичних волокон із захисним шаром із лавсану або інших синтетичних волокон (щоб уникнути

гниття);

2) з однорідних синтетичних волокон (нітрона, лавсана), що не піддаються гниттю;

3) із натуральних джутових або лубкових волокон, просочених антисептиками.

Товщина підоснови від 2 до 4 мм.

Багатошаровий лінолеум і лінолеум на теплоізоляційній основі виготовляють на каширувальній машині (див. рис.5.17.). З розмотувального барабану несучий шар полівінілхлориду (ПВХ) потрапляє у вузол нанесення клею, де за допомогою ролика наноситься шар клею на одну сторону шару. Потім основний шар із нанесеним клеєм сполучається з повстяним шаром, що змотується з іншого розмотувального барабану, після чого вони надходять на нагрівальний барабан. На ньому обидва шари з'єднуються клеєм під дією температури і тиску. Отриманий здубльований матеріал подається до клинчастого інфрачервоного випромінювача, що розм'якшує вільну сторону шару ПВХ. Після розм'якшення лінолеум сполучається з змотуваним з розмотувального барабану лицьовою плівкою ПВХ, що має друкарський малюнок, і вони надходять на наступний нагрівальний барабан. На ньому дублюється лицьова плівка із шаром ПВХ і повтини. Здубльований матеріал піддається тепловій обробці під плоскими інфрачервоними випромінювачами. Нагрітий поверхневий шар до температури, що дозволяє зробити тиснення, обробляється відповідними каландрами. Готовий лінолеум намотується в рулони визначеної довжини. Режими обробки наступні: температура поверхні барабанів 170-190 °С, зусилля в зазорі між обігрівальними металевими барабанами і обрізними ущільнюючими валами 2-6 МПа.

Алкідний лінолеум виготовляють на основі смол, отриманих звичайно з рослинних масел. Формувальна маса складається з 30-35 % в'язучого і

65-70 % наповнювача і пігменту. Її готують змішуванням при температурі 95-100 °С у шнекових і барабанних лопатевих машинах. Приготовлена маса наноситься на джутову, кенафну або віскозну тканину, що проходить через зазор горизонтального каландра, де вона напресовується на полотнину. Потім полотнина виглажується, полірується валиками і подається на холодний барабан, що охолоджує готовий лінолеум.

Гумовий лінолеум (релін) - двошаровий матеріал, у якого верхній шар, товщиною 1 мм, виготовляють із кольорової гуми на синтетичних каучуках, а нижній, товщиною 2 мм - із суміші старої дробленої гуми і бітуму.

Технологія виробництва реліну включає дроблення старої гуми, виготовлення шляхом каландрування нижнього і верхнього шарів реліну, дублювання шарів і вулканізацію старої гуми в барабанному пресі.

Плитки для підлог можуть виготовлятися з ПВХ або алкідних смол. Ці плитки видавлюють спеціальними пресами з листів, отриманих вальцьово-каландровим способом або пресуванням. Їх виготовляють із декількох шарів вальцьованих плівок, що потім пресують під тиском у гарячих пресформах при температурі 100-150<sup>0</sup>С. Плитки мають розміри 300x300 мм при товщині до 5 мм. Допускається виготовлення плиток інших розмірів. Такі плитки мають високу зносостійкість, декоративністю.

Різновидом полівінілхлоридних плиток, широко використовуваних у будівництві, є плитки з превінілу і препласту. Превініл виготовляють гарячим пресуванням, препласт - холодним пресуванням попередньо розігрітих у термошафах плівок. Перед пресуванням і в тому і в іншому випадку на лицьову сторону плитки насипають крихту з жорсткого ПВХ. Крихта втискається на визначену глибину плитки, яка у результаті цього набуває високої зносостійкості.

Плитки для підлог можна виготовляти і з термореактивних смол. Прикладом такими матеріалами можуть служити плитки з амиліту. Амилит



робиться гарячим пресуванням прес-порошків, що містять меламінформальдегідну смолу, наповнювач (вапнякову муку), барвник і технологічні добавки. Після витримки під тиском утворюється виріб, що володіє гладкою глянцевою лицьовою поверхнею. По якості поверхні і по красоті ці плитки не поступаються кращим сортам граніту і рихахіту, характеризуються досить високими показниками фізико-механічних властивостей: межа міцності при стиску не менше 100 МПа, при изгибе-30 МПа. Втрата в масі при стиранні не більш 0,1 р/см<sup>2</sup>, водопоглинання - не більш 1 %.

Монолітні (безшовні мастичні або наливні) підлоги застосовують в основному в суспільних будинках. Їх виготовляють на основі епоксидних смол, уретанових емалей і каучукового малахіту. Найбільш дешевими і доступними є латекси. Прикладом таких підлог служать підлоги з ереполу. Вони пружні, характеризуються гарною звукоізоляцією. Приблизний склад (у частинах по масі): латекс СКМС-1, гумова крихта - 0,64, цемент - 0,2, маршаліт - 0,35, азбест - 0,06, гумова пилюка - 0,01, оксид цинку - 0,01.

Склад готують у такий спосіб. Спочатку перемішують сухі компоненти: цемент, маршаліт, азбест, оксид цинку. У розчинозмішувач завантажують латекс, потім при постійному перемішуванні в нього вводять сухі сумішені наповнювачі. Після одержання однорідної маси додають гумову пилюку і крихту. Суміш знову ретельно перемішують. Щоб уникнути розшарування латексу швидкість перемішування повинна бути не менше 60 мин<sup>-1</sup>. Об'єм замісу визначається життєздатністю суміші, що складає 2 год.

Склад наносять смугами шириною 2 м по маяках. При утворенні усадочних тріщин через 5-7 діб твердіння їх ретельно затирають аналогічним складом, але без гумової крихти. Через 10-11 днів після закінчення робіт піл шліфують машинами, що містять карборундові камені з дрібним зер-

НОМ.

Підлоги з плиток і лінолеуму влаштовують на рівній і чистій цементній, гіпсовій або іншій підготовленій підоснові. До підоснови їх кріплять за допомогою мастик різних типів. Укладка плиток починається від центру помешкання до його країв. Лінолеум у помешканні розташовують по напрямку падаючого світла. У коридорах полотнини одноколірного лінолеуму і лінолеуму з малюнком розташовують у подовжньому напрямку, а мармуроподібний - у поперечному.

**Оздоблювальні матеріали для стін.** Для надання естетичного вигляду інтер'єру при оздобленні стін житлових і суспільних будинків широко використовують штучні (плитки, листи, панелі), рулонні і пастові (фарбувальні суміші) полімерні матеріали.

Облицювальні плитки для стін виготовляють із полістиролу або поліметилметакрилату. З полістиролу їх одержують способом лиття під тиском на литтєвих прес-автоматах, а з поліметилметакрилату - способом вільного лиття. Для виготовлення плиток великих розмірів застосовують спосіб гарячого гідравлічного пресування. Наповнювачів повинно бути 3 %, тому що при великих кількостях вимагаються дуже потужні преси.

Облицювальні листові матеріали - це паперово-шаруватий пластик, полідекор і деякі інші.

Паперово-шаруватий пластик виготовляють при питомому тиску 10-12 МПа способом гарячого пресування спеціальних паперових листів, просочених синтетичними смолами. Випускається він промисловістю у виді листів із гладкою поверхнею, які імітують цінні породи деревини, мрамору, малахіту.

Полідекор одержують вакуум-пресуванням. Він являє собою лист жорсткого полівінілхлориду 800x600 мм із високим рельєфом, що імітує таке ж родові дерев'яні різьблені панелі.

Оздоблювальні панелі можуть мати рельєфну або гладку поверхню. До них, наприклад, відносять поліформ і АБС-ПВХ. Поліформ має горбисту поверхню і розміри 500x500x10 мм. Одержують його способом гарячого пресування з полістиролу.

АБС-ПВХ - двохшаровий матеріал на основі акрилнітрілбутадієнстирольного пластика (АБС) і полівінілхлориду з добавками пластифікаторів і стабілізаторів. Листи розміром 600x300 мм мають високий рельєф у вигляді рядів чотиригранних пірамід.

Рулонні матеріали випускають у вигляді полівінілхлоридних плівок, що значною мірою замінюють паперові шпалери, глазуровану плитку, лінкруст. Переваги цих плівок полягають у тому, що обклеєні ними поверхні добре миються, мають високу декоративність, відносно невелику вартість і трудозатрати на оздоблення. Однак застосовувати їх доцільно не в житлових помешканнях. Плівки мають глясову, матову, гладку або тиснену поверхню, на яких може бути видрукуваний будь-який малюнок.

Виготовляють плівки на тканинній основі способом промазування. Випускають їх у рулонах довжиною 12 м, шириною 750 - 800 мм і товщиною 0,62 мм. Наклеюють бустилатом.

Безосновні плівки ПДО-12, ПДО-20 і ПДО-30 виготовляють каландруванням і випускають у рулонах довжиною 50 м і шириною 1600 мм. Кріплять кумароно-каучуковим клеєм КН-2 або КН-3.

Плівку на паперовій основі (ізоплен) виготовляють способом промазування з наступним проходженням через каландр. Її випускають у рулонах довжиною 10, 12, 18, 24, 36 і 48 м при ширині 500, 600, 750 і 1200 мм. Товщина плівки не більш 0,45 мм. Її наклеюють клейм КМЦ.

Плівки, які самоклеються, ПДСО-12 мають друкарський малюнок або друкарський малюнок із тисненням. Тильна сторона, на якій нанесений клеючий шар, захищається від злипання при змотуванні в рулон антиадге-



Звичайно емаль наносять у два шари за допомогою пневморозпилювача. Через 15 хв після нанесення першого шару наносять другий із наступним затвердінням на повітрі протягом 2 год або в сушильних камерах протягом 18-20 хв. Емаль токсична. У заводських умовах її наносять тільки в спеціальних фарбувальних камерах із приточно-витяжною вентиляцією.

До вододисперсійних полімерних фарб відносяться ВА-17, КЧ-112 і фарбувальна суміш ГФС-2. Фарба ВА-17 - це дисперсія пігментів, наповнювачів і інших спеціальних добавок у ПВА дисперсії, пластифікованої дибутилфталатом. Фарба КЧ-112 - дисперсія пігментів, наповнювачів і добавок у стирол-бутадієновому латексі СКС - 65ГП. Фарбувальна суміш ГФС-2 - дисперсія пігменту і наповнювачів в пластифікованій ПВАД із добавкою гідрофобної рідини і різних допоміжних інгредієнтів (емульгатора, стабілізатора й ін.).

Фарби КЧ-112 і ВА-17 - морозостійкі, негорючі, легко розводяться водою. При випаровуванні води твердіють і утворюють паропроникну, але водонепроникну, плівку. Фарби мають гарні фізико-механічні властивості. Фарбування ними виконують у два прийоми. Тривалість висихання кожного шару - 2 год при температурі 18-23 °С.

Фарбувальну суміш ГФС-2 наносять на поверхню виробів із температурою до 40°С. Час висихання оздоблювального шару при нанесенні на теплі поверхні 15 хв, при нанесенні на холодні - до 30 хв. Повне затвердіння настає через 2-4 год.

При поєднання мінеральних в'язучих з полімерними з'єднаннями, одержують вододисперсні полімерцементні барвисті і пастові суміші. Вони мають властивості, не властиві кожному з компонентів при роздільному їхньому використанні.

Полімерцементні фарбувальні суміші, розроблені у ВНИИНСМ, являють собою суспензію сухої пігментної частини у водяній дисперсії полі-

меру. У якості водяної дисперсії полімеру використовують пластифіковані ПВАД або дивінілстирольний латекс СКС-65ГП МЦ. До складу сухої пігментної частини входять білий портландцемент - 46-49 частин, вапно-пушонка - 1,2-1,7, дрібно мелений вапняк - 26-35 частин по масі або дрібно мелений білий пісок (із питомою поверхнею 3500 см<sup>2</sup>/г) - 40-50 частин по масі і пігменти в необхідній кількості. Готову до використання фарбу одержують змішуванням сухої суміші з 15 % - ю водяною дисперсією полімеру. Поверхні офарблюють у два прийоми.

Полімерцементні пастові суміші відрізняються від полімерцементних фарбувальних більш високою в'язкістю і значним вмістом наповнювача - білого кварцового піску, наближуючись, таким чином, до розчинів.

Вододисперсійні гіпсополімерцементні фарбувальні (ГПЦ) суміші являють собою складні композиції, що складаються із сухої пігментної частини (суміш гіпсу, портландцементу, добавки і пігменту) і водяної дисперсії ПВАД або латексу СКС - 65ГП.

Застосовувати суміші гіпсу з цементом можна лише при введенні мінеральних добавок, що містять активний кремнезем, для винятку утворення при твердінні високоосновних гідросульфоалюмінатів кальцію типу етрінгіту. Гіпсополімерцементні суміші характеризуються більш високими показниками фізико-механічних властивостей, чим полімерцементні і полімергіпсові.

Цементно-перхлорвінілові (ЦПХВ) фарбувальні суміші виготовляють на основі перхлорвінілової смоли в органічних розчинниках. Раніш вважали неможливим одержання композицій на основі полімерів, портландцементу і органічних розчинників, пояснюючи це відсутністю умов для гідратації цементу. Однак пізніше були розроблені композиції, у яких органічний розчинник виступав у ролі дисперсійного середовища, а вода - у якості дисперсійної фази. Твердіння мінеральних в'язких у таких компо-

зиціях забезпечувалося за рахунок використання емульсій полімерів зворотного типу, які виготовляються змішуванням із сухими компонентами. Одержувані фарбувальні суміші можна довгостроково берегти, оскільки доступ води до цементу виключений до розпаду емульсії. Розпад настає в міру випаровування летучих розчинників, тобто в процесі твердіння фарбувальної суміші. Процес твердіння оздоблювального шару можна умовно розділити на три стадії:

1) краплі води після нанесення покриття мають сферичну чітко обмежену форму, а мінеральне в'язуче рівномірно розподіляється в перхлорвініловому лаку;

2) летючий розчинник випаровується, краплі води конденсуються в більш великі і адсорбуються на частках в'язучого;

3) вода взаємодіє з портландцементом, усі порожнини заповнені затверділим полімером.

Покриття на ЦПХВ мають високі фізико-механічні характеристики. У табл. 5.23 наведені суміші перхлорвінілових і цементно-перхлорвінілових фарб.

Пастові покриття на термореактивних смолах містять пластифіковану дибутилфталатом епоксидну смолу ЭД-5 - 10 - 15%, мінеральні наповнювачі - 85 - 90 %, пігменти - 1 - 2%. Для нанесення в'язких пастоподібних сумішей рекомендують спосіб промазування. Покриття характеризуються високою довговічністю, але має низьку паропроникність. У зв'язку з тим, що епоксидні смоли дефіцитні, застосування покриттів на термореактивних смолах обмежено.

Наведені приклади фарб свідчать, що їх номенклатура постійно розширюється, але це є предметом спеціального розгляду при вивченні технологій хімічної промисловості.

При виробництві полімерних матеріалів необхідно дотримувати ряду

спеціальних заходів техніки безпеки і охорони праці. Більшість пластмас є горючими матеріалами, і цехи в яких вони виготовляються, відносяться до класу А (пожежонебезпечні). У зв'язку з цим усі помешкання повинні бути обладнані засобами для гасіння можливої пожежі. Крім того, деякі матеріали, наприклад поліефірні смоли, гідроперекис ізопропілбензолу, перекис бензолу, є токсичними речовинами, гранично допустимі їхні концентрації в повітрі - 0,05 мг/л.

Працювати з полімерними масами допускається лише в гумових рукавцях або з використанням спеціальних кремів для захисту рук, а також при ефективній приточно-витяжній вентиляції. Можна використовувати місцеву вентиляцію.

При випадковому попаданні полімерної маси на слизуваті оболонки очей необхідно відразу промити очі теплою водою.

Складування сировинних матеріалів необхідно з урахуванням особливих запобіжних заходів, насамперед не допускати збереження в одному помешканні речовин, що при зіткненні могли б викликати пожежу або вибух.

Для охорони навколишнього середовища необхідно передбачати такі додаткові заходи, як обезпилування газів, що відходять, будівництво очисних споруджень і створення безвідхідних технологій. Прикладом безвідхідної технології може служити виробництво оздоблювальних пластмас на основі термопластичних полімерів. У цьому випадку всі відходи, що утворюються, повертаються в основне виробництво.

---