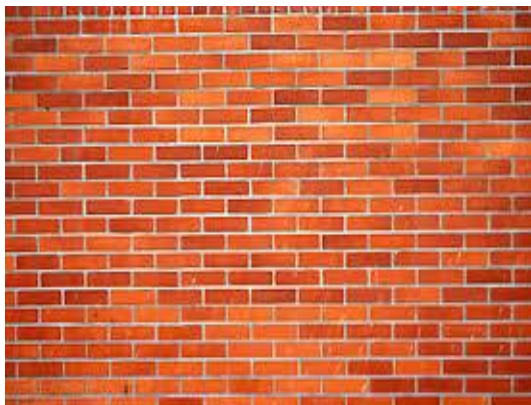


Тунік Т.М, Медведєва О.В., Кропивний В.М., Кирнасовська Т.Є.



Хімічні процеси в будівельній галузі



Рецензенти:

Ю.О.Жаданов – технічний директор ТОВ
«Кіровоградський завод будівельних матеріалів №1»

В.А. Настоящий – к.т.н., проф., зав. кафедрою Будівельних,
дорожніх машин і будівництва.

Хімічні процеси є основою будь-якого виробництва, зокрема будівельних матеріалів та технологій у будівництві. В посібнику розглянуті у стислій формі основи виробництва деяких будівельних матеріалів, їх властивості використання у будівельній галузі.

Посібник рекомендується для студентів першого курсу, які навчаються за освітньою програмою «Будівництво та цивільна інженерія» та інших спеціальностей, що вивчають дисципліну «Хімія».

Зміст

Вступ.....	5
Розділ 1. Зв'язуючі матеріали.....	8
1.1. Загальна характеристика зв'язуючих матеріалів.....	8
1.2. Гідравлічні зв'язуючі матеріали.....	8
1.3. Повітряні зв'язуючі матеріали.....	9
1.4. Кислотостійкі зв'язуючі матеріали.....	10
1.5. Зв'язуючі матеріали автоклавного твердіння.....	11
1.6. Фосфатні зв'язуючі матеріали.....	11
1.7. Органічні зв'язуючі матеріали.....	11
Розділ 2. Гідравлічні зв'язуючі – цементи.....	16
2.1. Загальна характеристика.....	17
2.2. Основи виробництва цементів.....	18
2.3. Хімічні властивості цементів.....	20
2.4. Види та галузь застосування цементів.....	21
Розділ 3. Керамічні матеріали.....	25
3.1. Загальна характеристика.....	26
3.2. Керамічні плитки.....	26
3.3. Основи технологічних процесів виготовлення керамічних плиток.....	30 28
3.4. Спеціальні «технічні» керамічні матеріали.....	30
Розділ 4. Керамічна цегла.....	36

4.1. Характеристика будівельного матеріалу.....	37
4.2. Сировинні матеріали.....	37
4.3. Технологічні (фізико-хімічні) основи виготовлення будівельної цегли.....	39
Розділ 5. Скло.....	42
5.1. Визначення скла, класифікація.....	43
5.2. Фізико-хімічні властивості скла.....	44
5.3. Виробництво скла.....	46
5.4. Історичні відомості.....	49
Розділ 6. Композиційні матеріали.....	50
6.1. Загальна характеристика.....	51
6.2. Властивості армованих пластиків.....	53
6.3. Основи виготовлення армованих пластиків.....	54
6.4. Композиційні матеріали – бетон та залізобетон.....	55
Використана література.....	59

Вступ

Будівельна галузь займає провідне місце в економіці країни. Її особливість полягає в тому, що вона є основним споживачем продукції багатьох підприємств, які виробляють будівельні матеріали. Водночас в самій галузі при здійсненні будівельних робіт застосовуються різні технології в яких будівельні матеріали є головними компонентами або складовими частинами.

Всі будівельні матеріали у сучасному будівництві поділяють на дві великі в кількісному відношенні групи: перша – природного походження (пісок, глина, щебінь, черепашник, граніт та ін.); друга – штучностворені (бетон, залізобетон, цегла, керамічні плитки, фарфор, фаянс, скло та ін). Друга група домінує над першою по кількості та масі.

При виробництві штучних будівельних матеріалів широкого застосування набули такі процеси як подрібнення, усереднення, гомогенізація, гранулювання, сушка, плавлення, кристалізація, випалювання – ці процеси за своїм змістом є фізико-хімічними або хімічними, більшість з них є основними в технологіях виготовлення будівельних матеріалів. Їх застосування направлено на переробку сировинних матеріалів, зміну їх стану, властивостей та одержання продуктів необхідного призначення. Основою самого процесу може бути хімічна реакція, фізико-хімічне або фізичне явище. Так як будівельна галузь є ровесницею цивілізаційного процесу людства, то на початкових етапах його розвитку використовували природні мінеральні будівельні матеріали та матеріали рослинного походження. З накопиченням знань, в тому числі і хімічних, з'явилися технології штучних будівельних матеріалів. Так наука хімія забезпечувала науку технологію необхідними знаннями щодо одержання максимального виходу продукту, швидкості процесу, його термодинамічних параметрів, хіміко-аналітичні методи контролю сировинних матеріалів і готової продукції.

Всі технології складаються з обмеженої кількості технологічних процесів, яким властиві певні хімічні та фізичні перетворення. Окремі технологічні процеси створені на фундаментальних законах хімії.

Майбутні фахівці за освітньою програмою «Будівництво та цивільна інженерія» на першому курсі вивчають дисципліну «Хімія», доцільно, щоб студенти мали можливість одержати знання перевести в практичну площину, тобто щоб у них з'явилося розуміння, що хімічна реакція утворення речовини або її розкладу може бути безпосередньо технологічним процесом або основою виробництва важливого будівельного матеріалу.

Так як технологічних процесів, а відповідно і технологій на їх основі – велика кількість, то в рекомендованому посібнику приведені основні з них, що сприятиме на думку авторів підвищенню ефективності навчання. Знання основ в подальшому буде спонукати студентів до більш глибокого вивчення спеціальних дисциплін.

Запропонований посібник рекомендується також для опрацювання деяких тем самостійної роботи студентів у відповідності з навчальною програмою дисципліни «Хімія», а також написання рефератів за заданою тематикою, доповідей, так як забезпечує набуття загальних знань щодо основних будівельних матеріалів, їх властивостей, застосування у будівництві, а також уявлення про технологічні особливості виготовлення. Ці знання студенти в подальшому навчанні зможуть розширити і поглибити.

Матеріалами викладеними в посібнику студенти зможуть скористатися для обґрунтування відповідного вибору технологічного рішення в курсовій роботі або проекті, передбачених спеціальними дисциплінами.

У зв'язку з цим пропонується цей посібник для студентів за освітньою програмою «Будівництво та цивільна інженерія».



ЗВ'ЯЗУЮЧІ МАТЕРІАЛИ



Розділ 1. Зв'язуючі матеріали

1.1. Загальна характеристика зв'язуючих матеріалів

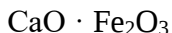
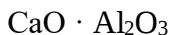
Зв'язуючі матеріали – це мінеральні або органічні будівельні матеріали, які використовуються для виготовлення бетонів, кріплення окремих елементів будівельних конструкцій, гідроізоляції і т.і.

За фізичним станом мінеральні зв'язуючі – це тонкоподрібнені порошкоподібні матеріали (цемент, гіпс, вапно та ін.) які утворюють при змішуванні з водою (в деяких випадках з розчинами солей, кислот, лугів) пластичну масу, що затвердіває з утворенням кам'яноподібного тіла і яка зв'язує частинки твердих наповнювачів та арматуру у моноліт. Твердіння мінеральних зв'язуючих матеріалів відбувається внаслідок хімічних процесів розчинення, утворення перенасиченого розчину і колоїдної маси, яка частково або повністю кристалізується. Зв'язуючі мінеральні матеріали бувають:

- гідравлічні;
- повітряні;
- кислотостійкі;
- автоклавні;
- фосфатні;
- органічні.

1.2. Гідравлічні зв'язуючі матеріали

Це матеріали, які при змішуванні з водою набувають твердості і продовжують збільшувати її у воді. До них відносять деякі види цементів та гідравлічне вапно. Вапно отримують при випалюванні мергелистих вапняків при 900-1100°C. Склад вапна: $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$



CaO

MgO, кварц

При твердінні гідравлічного вапна відбувається хімічна взаємодія: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (повітря) з послідуною кристалізацією продуктів. Силікат, алюмінат і ферат (II) Ca при взаємодії з водою утворюють сполуки, що надають міцність виробам з гідравлічного вапна.

Гідравлічні зв'язуючі матеріали застосовують у будівництві наземних, підземних і гідротехнічних споруд, які постійно знаходяться у вологому середовищі або воді. [1]

1.3. Повітряні зв'язуючі матеріали

Ці матеріали при змішуванні з водою твердіють і зберігають міцність тільки на повітрі. До них відносять: вапно, гіпсоангідритні, магнезіальні.

Вапно одержують при випалюванні матеріалів, що містять CaCO_3 (вапняк, крейда, вапняковий туф) при 1100-1300°C. Вапно складається в основному з CaO (негашене вапно). При змішуванні з водою негашене вапно переходить у $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (гашене вапно, яке поступово кристалізується з CO_2 повітря утворює CaCO_3).

Використовують повітряне вапно для одержання будівельних розчинів для кладки стін і штукатурки, які перебувають у сухому середовищі.

Гіпсо-ангідритні зв'язуючі матеріали одержують випалюванням природного гіпса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ангідрита CaSO_4 та вторинних продуктів хімічної промисловості, що містять гіпс (наприклад фосфогіпс, борогіпс). В залежності від умов термічної обробки, швидкості твердіння гіпсові зв'язуючі матеріали бувають:

- швидкотвердіючі;
- з низькою температурою випалювання (110-190°C) (будівельний гіпс, «алебастр», формовочний, високоміцний медигніт);

- повільнотвердіючі (температура випалювання 600-900°C) ангідритові зв'язуючі матеріали, гіпс «естріхгіпс» гіпсовий цемент для оздоблення.

Ангідритові зв'язуючі матеріали використовують після спільного подрібнення з каталізатором твердіння – вапном, сульфатами і випаленим доломітом).

Гіпсо-ангідритні зв'язуючі матеріали використовують для виготовлення панелей, плит, стінових блоків, перегородок, архітектурно-декоративних виробів, моделей форм у фарфоро-фаянсовому та керамічному виробництві, ортопедичних корсетів та ін.

Магнезійні зв'язуючі матеріали одержують випалюванням природного магнезиту або доломіту при 750-800°C. Магнезит містить в основному MgO, а доломіт MgO і CaCO₃. На відміну від інших мінеральних зв'язуючих до них додають розчини MgCl₂ або MgSO₄ при цьому утворюється MgCl₂·5Mg(OH)₂·7H₂O, який поступово переходить в MgCl₂·3Mg(OH)₂ і Mg(OH)₂.

Використовують магнезійні зв'язуючі матеріали як правило з деревиннотирсовимиповнювачами для виготовлення будівельних матеріалів – ксиліміта, фіброліта, термоізоляційних матеріалів, штукатурних розчинів, штучного мармуру і т.і. [1,2]

1.4. Кислотостійкі зв'язуючі матеріали

Ці матеріали складаються з кислотостійкого цементу, який містить тонкоподрібнену суміш кварцевого піску з Na₂SiF₆. Їх заливають водними розчинами силікату натрію або калію, вони довго зберігають свою міцність при дії кислот. При твердінні відбувається реакція:



Використовують кислотостійкі зв'язуючі матеріали для виробництва кислотостійких замазок (мастик),

будівельних розчинів і бетонів при будівництві хімічних підприємств.

1.5. Зв'язуючі матеріали автоклавного твердіння

Ці матеріали складаються з вапняно-кремніземистих і вапняно-нефелінових в'язучих (вапно, кварцевий пісок, нефеліновий шлам) і твердіють при обробці в автоклавах (6-10 годин, тиск пари 0,9-1,3 МПа). До таких зв'язуючих матеріалів відносять також пісчаністі портландцементи та інші зв'язуючі матеріали на основі вапна, золи та малоактивних шламів. Використовують їх у виробництві виробів із силікатних бетонів (блоки, силікатна цегла та ін.) [2,3]

1.6. Фосфатні зв'язуючі матеріали

Ці матеріали складаються із спеціальних цементів, їх заливають розчином H_3PO_4 з утворенням пластичної маси, яка поступово перетворюється в моноліт, який зберігає свою міцність при температурі вище 1000°C . Як правило використовують титанофосфатний, цинкофосфатний, алюмофосфатний та інші цементи. Такі зв'язуючі матеріали використовують для виготовлення вогнетривкої футеровочної маси і герметиків для високотемпературного захисту металевих деталей і конструкцій при виробництві вогнетривких бетонів і т.і. [1,3]

1.7. Органічні зв'язуючі матеріали

Це речовини органічного походження, які здатні переходити із пластичного стану в твердий або малопластичний внаслідок полімерізації або поліконденсації. В порівнянні з мінеральними зв'язуючими вони менш крихкі, мають більшу міцність на розтяг. До них відносяться

продукти, що утворюються при переробці нафти (асфальт, бітум), продукт термічного розкладу деревини (дьоготь), а також синтетичні термореактивні поліефірні, епоксидні, фенол-формальдегідні смоли. Використовують органічні зв'язуючі матеріали при будівництві доріг, мостів, підлоги у виробничих приміщеннях, покрівельних матеріалів, асфальтополімербетонів та ін.

Серед органічних зв'язуючих матеріалів виділяють групу *бітумних матеріалів*. Це матеріали на основі природних асфальтів або нафтових бітумів. Містять наповнювачі (пісок, щебінь, тальк, золу, молоту гуму та ін.), полімерні модифіковані домішки (натуральний хлорпреновий, бутадієн-стирольний каучуки, поліпропілен, бутадієн-стирольні термоеластоласти), а також спеціальні домішки – антистатики, пласти фіксатори, емульгатори та ін.

Бітумні матеріали мають особливі властивості такі як гідрообробність, високу радіаційну стійкість, легко переробляються.

Розрізняють такі типи бітумних матеріалів:

- рулонні покрівельні та гідроізоляційні матеріали (рубероїд, пергамін, гідроізоляційний фольгоізол, склорубероїд та ін)
- асфальтобетони і асфальтополімербетони
- герметизуючі та клеючі пластики
- бітумні емульсії.

Основою рулонних покрівельних та гідроізоляційних матеріалів є картон, алюмінієва фольга, різні волокна. При 160-180°C основу насичують і покривають різними бітумними композиціями. Рубероїд виготовляють насиченням покрівельного картону напівтвердими бітумами з послідуочим покриттям його з обох сторін шаром тугоплавкого твердого бітума і захисним посипанням мінеральними порошками (асбест, тальк). [3]

Рубероїд використовують для облаштування покрівель житлових будинків і промислових будівель.

Асфальтобетони та асфальтополімербетони являють собою ущільнену суміш бітума з сухими компонентами (пісок, мінеральний порошок, щебінь, полімерні добавки), яку готують при 110-160°C. Розрізняють три типи асфальтобетона: гарячий, теплий, холодний, які відрізняються температурою приготування: гарячий - 120°C, теплий – 40-80°C, холодний – не нижче 10°C. Приготування суміші полягає у стискуванні суміші (трамбування) і ущільненні. Всі типи асфальтобетони мають здатність зберігати щеплення з гумою автомобілей при зволоженні покриття. Їх використовують для створення покриття автомобільних доріг і аеродромів, протифільтраційних екранів при будівництві плотин, каналів, накопичувачів хвостів флотації.

Герметизуючі та клеючі мастики діляться на два типи: гарячі, які складаються з бітума з наповнювачами (асбест, тальк), використовуються в підігрітому стані; холодні – одержують розчиненням бітумів в органічних розчинниках. Використовують мастики для наклеювання рулонних бітумних матеріалів на різні поверхні (дерев'яна опалубка, залізобетонні плити, цегляні стіни), з'єднання рулонних матеріалів при створенні багатошарових покриттів, для антикорозійних покриттів хімічних апаратів, ущільнення і обмазки трубопроводів та ін. [1,10]

Мастики (з грецької перекладається як смола мастикового дерева). Це хімічні препарати, призначені для подовження терміну служби та підтримання гарного зовнішнього виду підлоги, а також для футеровочних, будівельних, облицювальних і ремонтних робіт, захисту від корозії автомобілів та інших цілей.

Мастики для догляду за підлогою це так звані воскові, використовують для покриття паркетних і дощатих підлог. Зокрема силіконова мастика містить воскоподібні речовини (віск, парафін церезін – 31-33%), розчинники (скипідар і уайт-спірит – 66%), поліметилсилоксан (1-3%).

Водні мастики застосовують для обробки фарбованої дерев'яної підлоги, а також підлоги з пластика і лінолеуму. Більшість цих мастик виробляють у вигляді концентратів, які перед застосуванням розбавляють водою, найчастіше у співвідношенні 1:3. Приклад: мастика слідуючого складу: воскоподібні речовини (в тому числі і стеаринова кислота – 46%), ПАР (диетилетаноламін – 3%), барвники (0,1%), вода (50,9 %).

Водоемульсійні мастики застосовують для натирання підлоги з будь-яких матеріалів, вони містять воски, емульгатори, органічні розчинники, ароматизатори, воду, полімери, які дозволяють утворювати тверді, водостійкі плівки зі стійким блиском, бактерицидні речовини, що забезпечують не тільки краще збереження, але і дезинфекцію поверхні підлоги і стерилізацію повітря у приміщенні. Склад такий: воскоподібні речовини – 27%, емульгатор – діетилетаноламін – 1,7%, органічний розчинник – 33%, поліетилен терефталат – 2,5%, солі амонію – $C_2H_5N(CH_3)_3I$ – 3,3%, ароматизатор -2,5%, вода – 30%.

Миючі і поліруючі засоби призначені для догляду за підлогою злюбих матеріалів, за виключенням ворсових. Вони містять стиrolакрилатний цинкмісткий латекс – 40%, віск – 8%, ПАР (сульфанол -10%), ізопропіловий спирт – 4%, 25-ий водний розчин NH_3 – 1,5%, бензилбутилфталат – 1,5%, диетилетаноламін – 0,3%, ароматизатор -0,2%, воду – 34,5%.

Для покриття підлоги керамічною плиткою призначені цементно-пісчані мастики з додаванням полімерів, наприклад, такого складу: портланд цемент – 20%, пісок – 60%, 3% водний розчин карбоксилметилцелюлоза – 20%.

Для запобігання корозії автомобілів використовують спеціальні композиції, наприклад, автоантікорозійна мастика такого складу: бітум – 45%, бутилкаучук – 5%, петролатум – 5%, ксилол – 20%, бензин – 10%, алюмінієва пудра – 5%, антиокислювальна добавка – 10%.

Промисловість виробляє значну кількість мастик різного призначення, більша частина з яких вогненебезпечні і токсичні, тому при роботі з ними необхідно дотримуватись правил безпеки.

Бітумні емульсії являють собою дисперсію бітумів у воді. Їх готують змішуванням компонентів у швидкісних механічних і ультразвукових диспергаторах з додаванням емульгаторів (луги, мило) і каучукових латексів в якості зв'язуючих. Для аніонних емульсій рН 7-10, для катіонних 2-4. Емульсії використовують як зв'язуючі матеріали при будівництві і ремонтах доріг.

Контрольні питання

1. Визначення зв'язуючих матеріалів та їх види.
2. Поясніть процес набуття міцності гідравлічного вапна.
3. Назвіть області застосування гідравлічного та повітряного вапна.
4. Охарактеризуйте процес твердіння кислотостійких зв'язуючих матеріалів.
5. Приведіть приклади застосування органічних зв'язуючих.
6. Назвіть властивості бітумних матеріалів.
7. Які зв'язуючі матеріали використовують при будівництві автомобільних доріг.



ЗВ'ЯЗУЮЧИЙ МАТЕРІАЛ – ЦЕМЕНТ



В Україні в 2019 році виробництво цементу склало близько 9,5 млн тонн. Є тенденція до збільшення виробництва.

Розділ 2. Гідравлічні зв'язуючі – цементи

2.1. Загальна характеристика

Цемент, як основний будівельний матеріал, є продуктом хімічної технології і водночас компонентом багатьох будівельних технологій (виготовлення будівельних конструкцій, залізобетонних блоків і т.і.)

Цементи – порошкоподібні мінеральні зв'язуючі матеріали, що утворюють при взаємодії з водою або водними розчинами солей пластичну масу, яка з часом перетворюється в тверде кам'яноподібне тіло.

Найбільше розповсюдження одержав портланд-цемент (назва походить від м. Портленд у Великій Британії), який складається в основному з високоосновних силікатів кальцію. Хімічний склад портландцементу (без домішок) в масових відсотках:

CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO
62-76	20-23	4-7	2-5	1-5

Мінералогічний склад в масових відсотках:

- тверді розчини на основі $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ або Ca_3SiO_5 (алкіт), 45-65%;
- $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ або Ca_2SiO_2 або Ca_2SiO_4 (беліт), 15-30%;
- алюмінат кальцію $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, 3-14%;
- алюмоферрат (III) кальцію $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, 10-18%.

Практично виробляють різні види портландцементу, які відрізняються між собою складом і призначенням, наприклад, високоміцний, швидкотвердіючий, гідрофобний та ін.

Портландцемент в суміші з гранульованим шлаком називають шлакопортландцементом, з гірськими породами – пуццоланами-туфом, трепелом, пемзою – пуццолановий

шлакопортландцемент. Інші розповсюджені види цементів – глиноземний, гіпсоглиноземний, який в процесі твердіння розширюється [2,3]

2.2. Основи виробництва цементів

Спосіб виробництва цементів відноситься до високотемпературних хімічних технологій, але як будь-яка технологія розпочинається з підготовки сировинних матеріалів. Такими матеріалами є:

- природні матеріали (вапнякові, мергелісті, гіпсові, глиноземні породи);
- промислові відходи (металургійні та паливні шлаки, золи від спалювання вугілля, білітовий шлам, відходи нефелінових порід).

Виробництво цементів включає такі фізико-хімічні та хімічні процеси:

- подрібнення сировинних матеріалів з послідуємим тонким помелом, усереднення і коригування хімічного складу суміші;
- випалювання сировинних матеріалів, при цьому одержують продукт – клінкер, тонкий помел клінкера до порошкоподібного стану разом з невеликою кількістю гіпсу, активними (шлак, зола, пемза) і неактивними при взаємодії з водою (кварц, карбонатні породи) мінеральними добавками і іншими речовинами, які надають цementsам потрібні властивості (наприклад, пластифікатори, гідрофобні добавки). [2,3]

В залежності від способу приготування суміші сировинних матеріалів розрізняють сухий, мокрий і комбінований процес виробництва.

При сухому – сировина (вапняк і глина) в процесі подрібнення і помелу у млинах висушується і перетворюється в сировинне «борошно» після чого воно поступає на випалювання.

При мокрому – помел сировинних матеріалів здійснюється у млинах в присутності води, яку додають для зменшення твердості, інтенсифікації процесу помелу та зменшення питомих витрат енергії. Вологість сировинної суміші (шлама), який поступає на випалювання 34-43% по масі. Для зниження вологості шламу до сировинної суміші додають ССБ (сульфітно-спиртову барду), триполіфосфат натрію або ПАР.

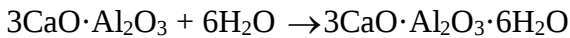
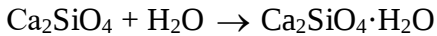
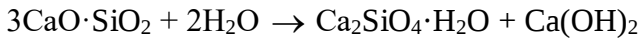
При комбінованому – сировинна суміш спочатку готується по мокрому способу з послідовним зневодненням на вакуум-фільтрах або вакуум-пресах, гранулюється і поступає на випалювання.

Випалювання є складним хімічним процесом, відбувається при 1450°C у печах, що обертаються (обертові печі), вони являють собою нахилений сталний циліндр в верхню частину якого завантажують сировинну суміш, а знизу через форсунки подається паливо. Сировинна суміш рухаючись з верхньої частини печі в нижню нагрівається гарячими газами. Печі умовно розділяють на декілька технологічних зон. В зоні підігріву під дією гарячих газів суміш підсушується і прогрівається до $500-600^{\circ}\text{C}$ і переходить в зону кальцинування ($900-1200^{\circ}\text{C}$), в якій відбувається розклад CaCO_3 ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$) Утворений CaO в твердому стані взаємодіє з складовими частинами глини і залізомісткими речовинами з утворенням $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$, $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, а також CaO , MgO та інші оксиди.

В зоні найвищої температури відбувається спікання (утворення клінкеру) і плавлення матеріалів, при цьому утворюється головний мінерал клінкера $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$. При подальшому руху в печі клінкер охолоджується. Холодний клінкер подрібнюють, з послідовним тонким помелом, разом з гіпсом і іншими добавками в барабанних млинах, а потім транспортують в залізобетонні циліндричні ємкості – цементні силоси. [8,9]

2.3. Хімічні властивості цементів

Цементи при взаємодії з водою (реакція гідратації) утворюють спочатку пластичне цементне тісто, яке з часом на повітрі або у воді ущільнюється, втрачає пластичність і перетворюється в так званий цементний камінь. Безводні мінерали клінкеру перетворюються при цьому у відповідні гідросилікати, гідроалюмінати і гідрофєррати (III) кальцію, наприклад:



$\text{Ca}(\text{OH})_2$, що утворився під дією CO_2 повітря поступово перетворюється в CaCO_3 , гідроалюмінати кальцію з гіпсом в присутності води, утворюються подвійні основні сульфати, наприклад, $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{OH})_{12}(\text{SO}_4)_3 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$ і $\text{Ca}_4\text{Al}_2(\text{OH})_{12}\text{SiO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. При одержанні бетону $\text{Ca}(\text{OH})_2$ з CO_2 повітря або SiO_2 перетворюється в дуже міцну масу, яка складається з карбонатів і силікатів кальцію.

Хімічний механізм процесу гідратації (реакція приєднання води) складний, існує декілька теорій щодо нього. Згідно однієї з них гідратація відбувається в розчині, з якого випадають утворені гідрати, за іншою – вода приєднується до твердої речовини. Гідратні новоутворення разом з першопочатковими частинками створюють рихлу коагуляційну структуру, в якій відбуваються процеси кристалізації гідратів. При цьому утворюються кристалічні «ростки», які пронизують структуру і викликають ущільнення цементного тіста. Початком процесу твердіння є втрата пластичності, кінцем – перехід в щільний (хоч і неміцний) стан. Нарощування міцності при твердінні визначається повільною кристалізацією гідратних складових цементного каменю.

2.4. Види та галузь застосування цементів

Речовинний склад, в мас %	Мінералогічний склад клінкера, мас %	Особливі властивості	Галузь застосування
Звичайний цемент			
Клінкер (80), гіпс (1,5-3,5), мінеральні добавки (до 20)	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (46-67) $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (13-35) $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (2-12) $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (8-16)	—	Монолітний бетон для будівель і споруд, збірні залізобетонні конструкції, дорожнє будівництво, зовнішні частини гідротехнічних споруд, будівельні розчини
Швидко-твердіючий цемент			
Клінкер (90), гіпс (1,5-3,5), активні мінеральні добавки (до 20)	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ } до 65 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ } $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ } до 33 $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ }	Більш швидке твердіння протягом 3 діб і більш тонкий помел, ніж у звичайного портланд-цементу	Збірні залізобетонні конструкції, швидкісне будівництво.
Сульфато-стійкий цемент			
Клінкер(до 96), гіпс (до 3,5)	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (до 50) $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (5) $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 +$ $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (до 22)	Підвищена стійкість до дії сульфатів, висока морозостійкість.	Для споруд, що знаходяться під дією сульфатів, або в умовах заморожування і відтаювання, зволоження і висушування.
Високоміцний цемент			
Клінкер (90), гіпс (1,5-3,5)	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (до 70) $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (6-8)	Підвищена міцність.	Для конструкцій, що знаходяться під навантаженням.
Гідрофобний цемент			
Клінкер (до 90), гідрофобна добавка (0,05), (милонафт, олеїнова кислота, тристаноламін)	Такий як у портланд-цементу	Підвищена пластичність і морозостійкість	Такі як у звичайного і пластифікованого портландцементу. Можливість довгого зберігання.

Пластифікований цемент			
Клінкер (до 90), пластифікуюча домішка (0,15-0,25) (лієносульфати)	—	—	Для споруд з підвищеною морозостійкістю економного витрачання цементу або бетонної суміші
Тампонажний цемент			
Клінкер (до 90), активна мінеральна добавка (до 25), інертна добавка (до 10), шлак (до 15), пісок (до 10), пластифікуюча добавка (0,15)	—	Швидке твердіння	Тампонування нафтових і газових скважин.
Декоративний цемент			
Клінкер (до 80-85), діатоміт (6), інертна мінеральна добавка (до 10) або мінеральний пігмент (до 15)	3CaO·SiO ₂ (45-60) 2CaO·SiO ₂ (23-37) 3CaO·Al ₂ O ₃ (до 15) 4CaO·Al ₂ O ₃ ·Fe ₂ O ₃ (до 22)	Білий колір, або забарвлений в різні кольори	Скульптурні роботи або декоративне оформлення будівель.
Напружений цемент			
Клінкер (до 85), високоглиноземний шлак (15-20), гіпс (до 10)	3CaO·SiO ₂ 2CaO·SiO ₂ 2CaO·Al ₂ O ₃ ·SiO ₂ CaO·Al ₂ O ₃ 12CaO·7Al ₂ O ₃	Швидке твердіння, розширяється при твердінні більш ніж на 0,5%	Напорні залізобетонні труби, тонкостінні вироби.
Пуцолановий сульфатостійкий цемент			
Клінкер (до 85), добавка вулканічна (24-40), гіпс (до 3,5)	3CaO·SiO ₂ 4CaO·Al ₂ O ₃ ·Fe ₂ O ₃ 3CaO·Al ₂ O ₃ 2CaO·SiO ₂	Підвищена стійкість до дії сульфатів	Підводні і підземні споруди в умовах постійної дії агресивних (сульфатних вод).

Шлако-портландцемент			
Клінкер (40-70), гранульований діатомітовий шлак (30-60), гіпс (до 3,5)	Такий як у портландцементу	Сповільнений ріст міцності на початку твердіння, низька морозостійкість, підвищена сульфатостійкість.	Ефективний для збірного залізобетону, який виготовляється з тепловологою обробкою.
Глиноземний цемент – такий, що розширюється			
Глиноземний шлак (до 99), добавки (до 1) вміст: 40-48 Al_2O_3 – звичайний глиноземний; 60-72 – високоглино земний (талюм); більше 72 – особливо чистий глиноземний .	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot$ Fe_2O_3	Швидко твердіння при звичайній і підвищеній температурах, висока стійкість до дії мінеральних речовин втрата міцності (до 60%) через 15-20 років.	Термінові аварійні та відновлювальні роботи; споруди, що піддаються дії води або кисню; одержання жаростійких бетонів і розчинів. Не застосовується в умовах підвищеної температури і вологості.
Гіпсо-глиноземний цемент			
Глиноземний шлак (до 70), гіпс (до 30), ССБ, бура (до 10)	—	Розширюється при твердінні у воді (через добу 0,15%, через 28 дів 0,3-1%) швидко твердіння, водонепроникне- ний.	Водонепроникні бетони і розчини, обробка стиків, ремонтні роботи, тампонування газових і нафтових скважин.

По міцності цементи діляться на марки, які визначаються межею міцності на стискання зразків – призм розміром 40x40x160 мм, виготовлених з цементного розчину складу 1:3 (по масі) з кварцевим піском (термін твердіння зразків – 28 дів з часу їх виготовлення). [2,3]

Марки виражають цифрами 300-600 (зазвичай через 100), які показують міцність на стискання відповідно 30-60 МПа.

Цемент	Марка	Міцність, МПа			
		при стисканні		при вигинанні	
		3 доби	28 діб	3 доби	28 діб
Портландцемент швидко твердіючий	400	-	40	-	5,5
	400	25	40	4	5,5
	500	28	50	4,5	6,0
високоміцний	550	-	55	-	6,2
	600	-	60	-	6,5
сульфатостійкий	400	-	40	-	5,5
	500	-	50	-	6,0
декоративний (білий)	400	-	40	-	5,5
	500	-	50	-	6,0
напружений	НЦ-10	15	50	-	6,0
	НЦ-20	15	50	-	6,0
	НЦ-40	-	40	-	5,5
глиноземний	400	25	40	-	5,5
	500	28	50	4,5	6,0

Процеси подрібнення і тонкого помелу цементу за умови неефективних систем очищення викидів можуть стати джерелами забруднення навколишнього середовища пилом.

Контрольні питання

1. Визначення та характеристика цементів.
2. Види портландцементу.
3. Охарактеризуйте хімічний та мінералогічний склад портландцементу.
4. Назвіть процеси внаслідок яких одержують клінкер.
5. Поясніть процес твердіння портландцементу.
6. Назвіть особливості практичного застосування різних видів портландцементу.



КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ



Розділ 3. Керамічні матеріали

3.1. Загальна характеристика

Кераміка (від *keramos* – глина з грецької) неметалеві матеріали та вироби, які одержують спіканням глин або порошків неорганічних речовин. За структурою кераміка буває грубою, яка має крупнозернисту неоднорідну структуру і тонкою з однорідною дрібнозернистою структурою.

До грубої відносять багаточисленні будівельні керамічні матеріали, наприклад, цеглу для облицювання поверхонь, санітарно-будівельну кераміку, керамічні плитки різного призначення, кислотостійку кераміку та ін. До тонкої - фарфор, п'єзо і сегнетокераміку, феррити, кермети, деякі вогнетриви, а також фаянс, напівфарфор, майоліпу. В особливу групу виділяють високопористу кераміку, яку використовують як теплоізоляційні матеріали.

3.2. Керамічні плитки

Керамічні плити та плитки є сучасним і дуже поширеним будівельним матеріалом. Декоративні та гігієнічні властивості, довговічність, водонепроникність забезпечили їм широке застосування у житловому та промисловому будівництві для облицювання зовнішніх і внутрішніх поверхонь різних за функціонуванням будівель.

Однією з найважливіших властивостей керамічних матеріалів, в тому числі і керамічних плиток, є водопоглинання, яке характеризує здатність матеріалів виконувати свої функції у різних за вмістом вологи середовищах, тобто поглинати і віддавати вологу не руйнуючись. Нормативними документами встановлені значення цього показника для різних видів керамічних матеріалів.

Керамічні матеріали	Водопоглинання,%
Плитки для внутрішнього облицювання стін житлових приміщень, лікарень, поліклінік, закладів харчування, санітарно-гігієнічних приміщень, торгівельних центрів і т.і.	До 16, як виключення 17-18
Фасадні плитки для зовнішнього облицювання фасадів будівель, декоративного оформлення зовнішніх поверхонь, підземних переходів і т.і.	6-8
Плитки для підлоги в житлових, промислових будівлях, закладах культури, а також на хімічних підприємствах, станціях метро.	Не більше 5 (окремо виділяється продукція з водопоглинанням до 2)

Водопоглинання плиток залежить від пористості і щільності керамічних матеріалів, які визначаються процесом випалювання і хімічним складом сировини. Водопоглинання – показник, який позначається на такій важливій властивості керамічних плиток як морозостійкість (одна з основних характеристик для фасадних плиток). Морозостійкість визначають кількістю циклів поперемінного заморожування та відтаювання насичених водою фасадних плиток при температурі $-15-20^{\circ}\text{C}$ і відтаювання у воді при температурі $+20^{\circ}\text{C}$ без видимих руйнувань. Марка 25 (25 циклів) дозволяє використовувати фасадні плитки на більшій частині нашої країни, для північних областей можливе використання марки 35. Практично доведено, що водопоглинання 6-8% фасадних плиток виготовлених на КПЛ забезпечує стійкі показники морозостійкості.

Експлуатаційні властивості фасадних плиток визначаються в основному трьома показниками: водопоглинанням, морозрестійкістю і кольоровою гамою, що дозволяє їх широке застосування для облицювання зовнішніх

стіл кам'яних будівель, зовнішніх поверхонь стінових панелей і крупних блоків, для цокольної частини будівель, лоджій, еркерів, вставок, поясів, фризів, для облицювання підземних пішохідних переходів, транспортних тунелей. Керамічні плитки хімічно стійкі до дії кислот, лугів, солей (за виключенням фтористоводневої кислоти). Це один із самих гігієнічних матеріалів, їх використовують для облицювання приміщень в поліклініках, лікарнях.

Керамічні плитки вогнетривкі і вогнестійкі, саме завдяки цим властивостям ними облицовують печі, каміни, приміщення з підвищеною температурою.

Стосовно плиток для підлоги – водопоглинання чим менше, тим вищі якісні показники, особливо гігієнічні властивості (менше забруднюються). В приміщеннях з інтенсивним рухом і високою вологістю, а також в приміщеннях, підлога яких знаходиться в умовах хімічного забруднення бажано застосовувати плитки з водопоглинанням не більше 2%.

Керамічні плитки для підлоги відносяться до групи кам'янокерамічних виробів особливістю яких є незначна пористість і висока густина, великий опір стиранню, вогнестійкість, атмосферостійкість, Комплекс цих властивостей визначає довговічність матеріалу.

Твердість плиток для підлоги є важливою експлуатаційною характеристикою, вона визначається опором, який плитки чинять проникненню інших, більш твердих тіл.

При визначенні твердості користуються шкалою Мооса, яка включає десять мінералів, розташованих по мірі збільшення їх твердості. Найбільша твердість 10 у алмаза, плитки для підлоги мають твердість 7-8, вони менш тверді, ніж алмаз і корунд, але більш тверді, ніж граніт, базальт, кварц.

Поверхня підлоги в експлуатації піддається досить інтенсивному стиранню, тому цей показник також свідчить про якість виготовлення плиток. Визначають стирання спеціальною методикою, в якості стираючого матеріалу застосовують звичайний пісок. Втрати маси плиток при стиранні не повинні

перевищувати 0,008 кг/м². Стирання буде найменшим у плиток, які мають найменше водопоглинання.

Для виготовлення керамічних матеріалів використовують сировину природного походження, відходи промислових підприємств, синтетичні добавки.[10]

Сировинні матеріали	Хімічний склад, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	ін.
Природні глини	40-70	15-35	0,3-2	1-10	0,1-1,5	0,1-1,5	0,1-3,5	4-15
Каоліни	45-55	29-39	0,3-1,0	0,2-1,5	0,1-0,7	0,01-0,8	0,05-3	10-15
Кварцеві піски, кварцити, пісчаники	95-99			0,01-0,5				
Перліти, обсидіани, пемзи	70-75	10-15		0,1-3,0	0,1-2,0	0 -0,6	4-8	2-5
Воластоніт	50-52				48-49			
Тальк	63-64					30-32		4,5-5,0 H ₂ O
Вапняки, крейда, мармур, доломіт					55-56			44-45 CO ₂
Полево-шпатові породи	63-78	11-22		0,1-0,5	0,5-2,0	0,1-0,6	0,1-17	0,1-2,0

3.3. Основи технологічних процесів виготовлення керамічних плиток

Люди з давних-давен в тому чи іншому вигляді використовували керамічні плитки. Технології їх виготовлення з плином часу змінювались і вдосконалювались. Враховуючи те, що потреби в цьому будівельному матеріалі весь час зростають, в другій половині кінця двадцятого століття були розроблені високопродуктивні технології з використанням автоматизованих процесів виробництва.

Виготовлення плиток умовно складається з двох частин: спочатку сировинні матеріали дозують і готують з них однорідну тонкоподрібнену керамічну масу з вологістю 18% (шлікер) в шарових млинах мокрого помелу, потім її накопичують в басейнах, звідки під тиском подають в розпилювальну сушарку для утворення гранульованої висушеної маси – прес-порошку.

Сучасні технології виробництва керамічних плиток на поточно-автоматизованих конвейєрних лініях включають такі основні процеси:

- приготування прес-порошку в розпилювальній сушарці;
- пресування і очищення плиток;
- подача плиток від преса в сушарку приймально-розподільчим конвейєром;
- висушування плиток в газовій сушарці;
- перше випалювання в роликовій печі;
- нанесення покриття (глазурі) на плитку;
- друге випалювання в роликовій печі;
- відбір, сортування і пакування плиток.

Поточно-конвейєрні лінії (КПЛ) працюють так: плитки від преса проходять через пристрій для очищення плиток і поступають на приймально-розподільчий конвейєр, на якому за допомогою спеціального розподільника відбувається розділення двох потоків плиток, що виходять з пресу на чотири стрічки при продуктивності 250 тис. м²/рік і на шість при продуктивності

500 тис. м²/рік. По роликовому конвейєру плити поступають на сушку.

Залишкова вологість після сушки менше 0,5%. Висушені плити поступають на роликовий конвейєр печі для першого випалювання. В кінці печі вже відбувається охолодження (40-60°C) це умова для якісного нанесення глазурі розпилюючим пристроєм, або методом поливу. Після цього плити поступають на друге випалювання, в кінці печі охолоджуються (40-60°C), сортуються і пакуються.

В залежності від виду керамічних плиток (фасадні, для підлоги, внутрішнього облицювання) продуктивність КПЛ може відрізнятися від вищеприведеної, параметри також можуть бути іншими.

Показники	Продуктивність лінії, тис. м ² /рік	
	250	500
Тип преса	К/РКп 125	KPV 160
Число плиток по ширині конвейєра розміром 150x150	4	6
Тривалість сушки °C	220-280	220-280
Тип сушарки	Газова, секційна з інжекційними мікрофакельними пальниками	
Тип печей	Роликові, газові з інжекційними безполум'яними пальниками	
Максимальна температура випалювання, °C		
	1100	1100
	перше 1000	перше 1000
Тривалість випалювання, хв.		
	17	20
	друге 28	друге 31
Довжина лінії (КПЛ), м	88,8	142,4

Автоматизовані КПЛ дозволили реалізовувати широкий спектр технологій різноманітних видів керамічних плиток: різної товщини і розмірів, фактури поверхонь і кольорів, нанесення рисунків, а також виготовлення плитки з заданими параметрами і властивостями.

Сучасне виробництво керамічних плиток є безпечним для навколишнього середовища. Тверді відходи виробництва повертаються знову у технологічний цикл, використана вода (стічні води) після доочищення на самому виробництві також повторно використовується у технологічних процесах. Викиди від печей проходять системи очищення і після цього викидається в атмосферу.

3.4. Спеціальні «технічні» керамічні матеріали

За хімічним складом розрізняють: оксидну, карбідну, нітридну, силіцидну та іншу кераміку. Оксидна кераміка характеризується високим питомим електроопором (10^{11} - 10^{13} Ом·см), міцністю не стискування до 5 ГПа, стійкістю до окислювальних середовищ в широкому інтервалі температур. Деякі види оксидної кераміки мають високу надпровідність, наприклад, ітрій-барієва кераміка, і високу вогнетривкість. Серед оксидної кераміки найбільше розповсюдження одержали: алюмосилікатна, силіцидна, магнезитна, шпінельна та кераміка на основі оксидів BeO, ZrO₂, HfO₂, UO₂, Y₂O₃.

Алюмосилікатна кераміка на основі SiO₂ – Al₂O₃, або окремо кожного з оксидів. Кремнеземиста кераміка містить більше 80% SiO₂. Розрізняють кварцеву і дінасову кераміку. Кварцеву виготовляють з кварцевого скла або жильного кварцу. Дінасову одержують шляхом спікання кварца в присутності Fe₂O₃ і Ca(OH)₂. Кварцева кераміка має високу термічну і радіаційну стійкість, радіопрозорість, високу кислотостійкість і вогнетривкість. При збільшенні в складі керамічного матеріалу вмісту Al₂O₃ збільшується вміст 3Al₂O₃·2SiO₂ – муліту, що сприяє підвищенню міцності і вогнетривкості, але зменшується

при цьому кислотостійкість. Якщо вміст Al_2O_3 наближається до 28%, то така кераміка називається «напівкислою». Це вогнетриви, фаянс, фарфор, гончарні вироби, а також каолінова вата, теплоізоляційні матеріали на її основі, шамотні вогнетриви. Корундована кераміка містить більше 90% Al_2O_3 і характеризується високим електричним опором при температурах до 1510°C , високою міцністю при стисканні (3-4 ГПа). Із алюмосилікатної кераміки виготовляють посуд, деталі і футеровку коксових печей, ракет, космічних апаратів і ядерних реакторів, носії для каталізаторів, кісткові імплантанти, деталі радіоапаратури і багато іншого.

Кераміка на основі SiO_2 та інших оксидів включає кераміку складу $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$ (кордієритова), ZrSO_4 (цирконієва), $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Li}_2\text{O}$ (сподуменова) та інші. Сировиною для такої кераміки є глина, каолін, тальк, карбонати, Ва, Li, Са, MgO мінерали – сподумен, пегаліт, евркрипит, ашарит, трепел, вапняки. Вона використовується у виготовленні радіотехнічних деталей, теплообмінників, вогнетривів, ізоляторів, авто і авіасвічок.

Кераміка на основі TiO_2 , титанатів і цирконатів Ва, Sr, Pb, ніобатів і танталатів Pb, Ва, К, Na характеризується високим електроопором, високою діелектричною проникністю і використовується в електроніці і радіотехніці.

Кераміку на основі MgO одержують із магнезита, доломіта, вапняка, хромомагнезита, синтетичної MgO, в якості добавок СаО, Cr_2O_3 , Al_2O_3 . Магнезійну кераміку з вмістом 80% MgO використовують для виробництва вогнетривів, з чистого MgO – у виробництві ізоляторів для потужних генераторів, ілюмінаторів літальних апаратів, носіїв для каталізаторів. Магнезійно-вапнякову (вміст 50% MgO, 10% СаО), магнезитохромову (60% MgO, 5-18% Cr_2O_3) і хромітову (40% MgO, 25% Cr_2O_3) використовують у виробництві вогнетривів. Кераміку з хромітів використовують в якості високотемпературних електронагрівачів (витримує 1750°C), які працюють в окислювальних середовищах.

Шпінельна кераміка на основі ферритів Ni, Co, Mn, Ca, Mg, Zn має ферромагнітні властивості і здатна утворювати тверді розчини заміщення. Застосовують таку кераміку для виготовлення магнітопроводів, серцевин катушок і інших деталей в пристроях пам'яті та ін.

Кераміка на основі оксидів BeO, ZrO₂, HfO₂, Y₂O₃, UO₂ – хімічностійка і термостійка. Так кераміка на основі BeO одержана спіканням BeO з добавками других оксидів (біля 0,5%), наприклад, Al₂O₃, ZrO₂ має найбільшу теплопровідність серед керамічних матеріалів і здатна розсіювати нейтрони. Використовують її при виготовленні електровакуумних приладів, тиглів для плавлення тугоплавких металів, таких як Pt, Be, Ti. До кераміки з ZrO₂ додають стабілізатори (Y₂O₃, CaO, MgO), які утворюють з ZrO₂ тверді розчини. Використовують для виготовлення високотемпературних нагрівачів при ізоляції індукторів високочастотних печей і як конструкційний матеріал.

До карбідної кераміки відносять карборундову кераміку, а також матеріали на основі карбідів Ti, Nb, W. Всі види такої кераміки мають високу електро- і теплопровідність, вогнетривкість, стійкість до безкисневих середовищ. Кераміка на основі SiC стійка до 1500°C в окислювальних середовищах. Використовують карбідну кераміку як конструкційний матеріал вогнетривів, для виготовлення високотемпературних нагрівачів електропечей, інструментів для металообробки.

До нітридної кераміки відносяться матеріали на основі BN, AlN, Si₃N₄ (U, Pu) N, а також кераміку, яку одержують спіканням сполук, що містять Si, Al, O, N (сіалон) або сполук, що містять Y, Zr, O, N. Одержують її спіканням порошків в атмосфері азоту при тиску 100 МПа, пресуванням при 1700-1900°C. Нітридна кераміка характеризується стабільністю діелектричних властивостей, високою механічною міцністю, термостійкістю, хімічною стійкістю в різних середовищах. Використовують для виготовлення інструментів в металообробній галузі, тиглів для плавлення деяких напівпровідникових матеріалів, високочастотних ізоляторів.

Кераміка на основі Si_3N_4 – конструкційний матеріал, який замінює жаростійкі сплави з Co, Ni, Cr, Fe.

Силіцидна кераміка найбільше представлена MoSi_2 , вона має незначний електроопір (170-200 мкОм·см), стійкість в окислювальних середовищах (до 1650°C) і розплавах металів і солей. Виготовляється способом спікання порошку MoSi_2 з добавкою Y_2O_3 використовують для виготовлення електронагрівачів, що працюють в окислювальних середовищах, кераміну з чистих фторидів, сульфідів.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте властивості керамічних матеріалів.
2. Назвіть сировинні матеріали які застосовуються при виготовленні кераміки.
3. Основи сучасного виробництва керамічних плиток.
4. Дайте визначення що таке спеціальна або технічна кераміка.
5. Назвіть області застосування технічної кераміки.



КЕРАМІЧНА ЦЕГЛА



Розділ 4. Керамічна цегла

4.1. Характеристика будівельного матеріалу

Цегла – один з давніх штучних будівельних матеріалів. За визначенням це матеріал, який одержують з пластичної глини за певною технологією. Протягом довготривалого періоду розвитку людства вона була і залишається основним будівельним матеріалом. Її виробництво з кожним роком збільшується. Застосовують цеглу практично у будь-якому новому будівництві і в такому, що підлягає реконструкції. Це житлове і промислове будівництво, будівлі соціального призначення, приватний сектор, міська інфраструктура і т.і.

Широке застосування цегли стало можливо завдяки її особливим експлуатаційним властивостям:

- висока механічна міцність (може бути різною за величиною);
- висока термічна стійкість;
- атмосферостійкість;
- чіткість лінійних розмірів;
- архітектурні і художні властивості;
- технологічність;
- довговічність.
- достатньо широка кольорова гама;
- інше.

Експлуатаційні властивості цегли, а також її фізико-хімічні, механічні характеристики залежать від якості сировинних матеріалів та способу виготовлення.

4.2. Сировинні матеріали

Основною сировиною для виготовлення будівельної цегли є глина, для більшості виробництв вона може бути єдиною сировиною, але коли глина не достатньо пластична, тоді додають інші компоненти.

Глини відносяться до нерудних корисних копалин, їх склад дуже різноманітний за хімічними речовинами і мінералами. За структурою це тонкодисперсні осадові породи, які складаються в основному з глинистих мінералів, таких як каолінит $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ та близьких до нього за будовою диксит і накрит; галлуазит $[\text{Al}(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4]$, монтморилоніт та ін. Ці мінерали мають пошарову структуру.

До глин відносять породи, які складаються більше ніж на 50% по масі з частинок розміром до 0,01 мм. Основні хімічний склад такий:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	H ₂ O	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	CO ₂
30-70	10-40	5-10	МАЛІ КІЛЬКОСТІ							

Особлива властивість глини – здатність утворювати з водою пластичну масу, яка після висушування зберігає надану їй форму, а після випалювання набуває твердості каміння. Вміст основних компонентів в подальшому буде визначати і якість уже виготовленої цегли.

Найважливіші характеристики глини – пластичність, повітряна і вогняна усадки, пористість, вогнетривкість, спікання, гігроскопічність, набухання, здатність до сорбції, зв'язуюча здатність, гідрофільність.

Пластичність глини збільшується з ростом ступеня дисперсності і кількості глинистих мінералів і залежить також від мінерального складу. Вогнетривкість визначається температурою плавлення, вона змінюється від 1350°C (для легкоплавних) до 1700°C і вище (високовогнетривкі) і збільшується зі збільшенням вмісту Al₂O₃ і зменшенням вмісту Na₂O та K₂O.

Гігроскопічність і властивість набухати визначається здатністю глинистих мінералів розпадатись на дрібні частинки при змочуванні водою або іншими рідинами, це пояснюється проникненням рідин між площинами кристалічної решітки.

Здатність до сорбції проявляється в поглинанні не тільки води, але і катіонів, аніонів органічних речовин. Властивість глини забезпечують широкий спектр використання її у виробництві будівельної цегли та в багатьох інших областях народного господарства.

В Україні практично кожна область має запаси глини. Добувають її кар'єрним способом, тому з економічної доцільності виробництво потрібно розміщувати по можливості найблище до родовища. Продуктивність таких виробництв визначається сотнями тисяч або мільйонами штук цегли. Хімічний склад глини навіть в межах одного кар'єру може бути різним, це буде позначатись на кольоровій гамі будівельної цегли та інших її властивостях. Стосовно кольору, то це скоріше є перевагою ніж недоліком. Колір цегли нормується в межах однієї партії.

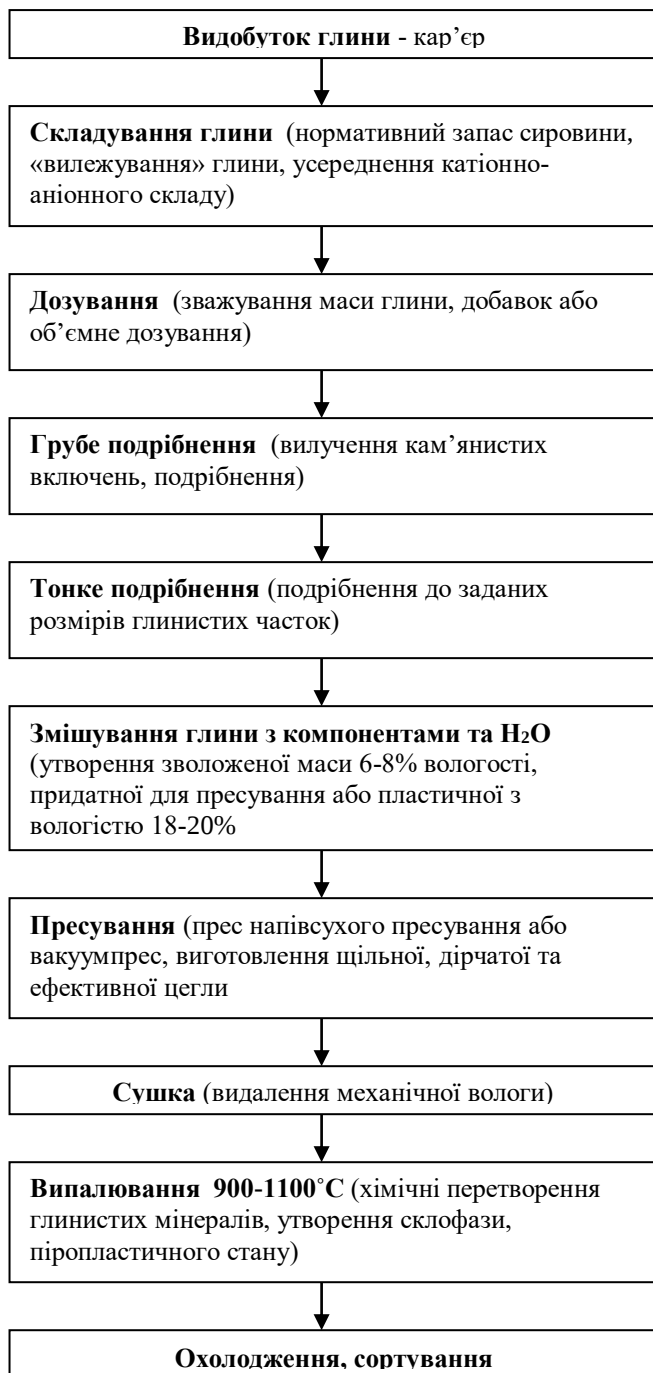
Крім глини при виготовленні будівельної цегли можуть бути використаними тверді відходи цього виробництва (бита та бракована цегла). Подрібнені тверді відходи (шамот) використовують як компонент до маси з якої буде в подальшому формуватись цегла. Це створює умови для безвідходного виробництва, що дуже важливо в плані збереження навколишнього середовища.

4.3. Технологічні (фізико-хімічні) основи виготовлення будівельної цегли

Сучасне виробництво будівельної (червоної) цегли представлено великими підприємствами будівельних матеріалів з сучасними технологіями де її виробництво майже повністю автоматизовано і такими, де ще застосовуються застаралі технології з використанням ручної праці (це середні або невеликі за об'ємами продукції підприємства).

При виготовленні будівельної цегли для приготування пластичної маси на підприємствах застосовують такі способи: пластичний, напівсухий, комбінований. Основні процеси, що

застосовують для виготовлення будівельної цегли представлені схемою:



Послідовне і чітке виконання технологічних процесів забезпечує отримання якісних показників цегли.

Однорідна тонкодисперсна маса сформованої цегли в процесі випалювання при найвищій температурі набуває рівномірного піропластичного стану, що потім позначиться на її властивостях, зокрема на високій густині і міцності.

Всі елементи будівлі виконані з цегли повинні витримувати відповідні навантаження, тому кожну партію виробленої цегли контролюють на міцність. Відібрані зразки випробовують на стискання і розрив, зокрема величина навантаження на стискання показуватиме марку цегли: М100, М200, М300 (навантаження 100 кгс/см² – марка М100).

Практично цеглу М100 доцільно використовувати для будівництва одно-двоповерхових житлових будинків або інших будівель такої висотності.

Цегли М200, М300 – для висотного будівництва.

Будівельна цегла є широкоживаним будівельним матеріалом, в майбутньому її використання буде зростати.

Контрольні питання

1. Назвіть області застосування керамічної цегли.
2. Дайте характеристику сировинним матеріалам для виготовлення керамічної цегли.
3. Назвіть вимоги, щодо якісних показників керамічної цегли.
4. Охарактеризуйте хімічні процеси сучасного виробництва керамічної цегли.
5. З якою метою проводиться процес випалювання, його параметри.
6. Екологічна характеристика виробництва керамічної цегли.



СКЛЮ



Розділ 5. Скло

5.1. Визначення скла, класифікація

Скло – твердий аморфний матеріал, який одержують внаслідок переохолодження розплаву. Має механічні властивості твердого тіла, характеризується термодинамічною метастабільністю, але при певних умовах може кристалізуватись. Відрізняється від кристалів і рідин тим, що скло ренігеноаморфне, ізотропне, не має чітко визначеної температури плавлення і твердіння. Процеси нагрівання і охолодження (якщо не відбувається кристалізація) зворотні. Інтервал набуття скловидного стану (100-200°C) залежить від хімічного складу і швидкості охолодження та являє собою перехідний період, в межах якого відбувається різка зміна властивостей скла.[2,3]

Скло неорганічне класифікують за хімічним складом і призначенням. За хімічним складом скло розрізняють одно- і багато- компонентне. З однокомпонентних найбільше практичне значення має силікатне скло – кварцеве (SiO_2), з двохкомпонентних – лужносилікатне $\text{M}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ (M – Na, K), його називають «розчинне скло», з багатокомпонентних – скло, що містить оксиди Ca, Mg, Al. [4,6]

За призначенням промислове неорганічне скло розділяють на декілька видів:

- будівельне (листова – віконне, вітринне, узорчате, армоване);
- архітектурно-будівельне (блоки, пакети, профільне, піноскло, скляні труби);
- технічне (оптичне, хімічно-лабораторне, медичне, електротехнічне, світлотехнічне тощо)
- скловолокно;
- скло для різної тари;
- сортове (для виготовлення склопосуду);
- спеціальне (фотохромне, лазерне, оптично- і магнітно-активне для ультразвукових ліній затримування);

- скло рідке;
- емалі та покриття;
- сітали (склокристалічні матеріали).

5.2. Фізико-хімічні властивості скла

Скло неорганічне відрізняється прозорістю в різних областях спектра – це важлива оптична характеристика, яку визначають коефіцієнтом прозорості:

$$(\tau) = \frac{I}{I_0},$$

де I_0 – інтенсивність світла, що падає на поверхність скла;

I – інтенсивність світла, що пройшло через скло.[6]

Віконне скло $\tau = 0,83 - 0,90$

Оптичне скло $\tau = 0,95 - 0,99$

Таке значення коефіцієнта прозорості свідчить про те, що скло є незамінним матеріалом для вікон, різних видів транспорту, виготовлення дзеркал і оптичних приладів, в тому числі і лазерів, лабораторного посуду, ламп різного призначення, освітлювальної апаратури, телетехніки, волоконно-оптичних ліній зв'язку, хімічної апаратури. [6]

В залежності від складу і умов виготовлення скло здатне по-різному заломлювати, розсіювати і поглинати світло у видимій, УФ, УЧ і рентгенівській областях спектра. Деякі види скла – фоточутливі, тобто здатні змінювати коефіцієнт поглинання під дією УФ або рентгенівського опромінення, α -променів, нейтронів – це використовується у виробництві фотохромного скла, а також при виготовленні апаратури і приладів для радіаційної техніки. Найбільше світлопропускання в УЧ області має алюмофосфатне і халькогенідне скло, високе – скло на основі SiO_2 . УФ промені інтенсивно поглинає скло, що містить оксиди Pb, Fe, Ti, рентгенівські і α -промені – скло з високим вмістом оксидів Pb і Ba.

Галогенідне скло на основі BeF_2 має унікальний комплекс оптичних характеристик, високу стійкість до дії

жорсткого випромінювання і агресивних середовищ, таких як F_2 , HF . Скло на основі фторидів Zn і Ba прозоре у видимій і УЧ областях спектра. Халькогенідне скло має електронну провідність, тому використовується в телевізійних високочутливих камерах, ЕОМ (в якості перемикачів або елементів в пристроях пам'яті).

Густина промислового скла знаходиться в межах $2,2 - 8,0$ г/см³.

Механічні властивості скла характеризуються хрупкістю, відсутністю пластичної деформації, чутливістю до механічних дій, особливо ударних. Ударна в'язкість силікатного скла $1,5-2,0$ кН/м, в той час, як опір стискання такий як і у чавуна $0,5-2,5$ ГПа [4,6]

Скло зміцнюють звичайними способами, які сприяють створенню у ньому поверхневої напруги (термічне закалювання, хімічне зміцнення) при цьому міцність скла збільшується в 4-6 разів. Зміцнення скла можливе внаслідок травлення, тобто обробки поверхні скла різними хімічними речовинами (при цьому видаляються «дефекти»), реагентом може бути фтористоводнева кислота.

Електричні властивості скла залежать від складу і температури середовища. Скло може бути діелектриком, напівпровідником або провідником.

Велика група оксидного скла (силікатне, боратне, фосфатне) відноситься до групи ізоляторів, майже ідеальний ізолятор – кварцеве скло. Такі ізолятори використовують для високовольтних мереж.

Термічні властивості звичайного силікатного скла визначаються температурою $60-100^{\circ}C$, для «пірекса» - $280^{\circ}C$, для кварцевого - $1000^{\circ}C$.

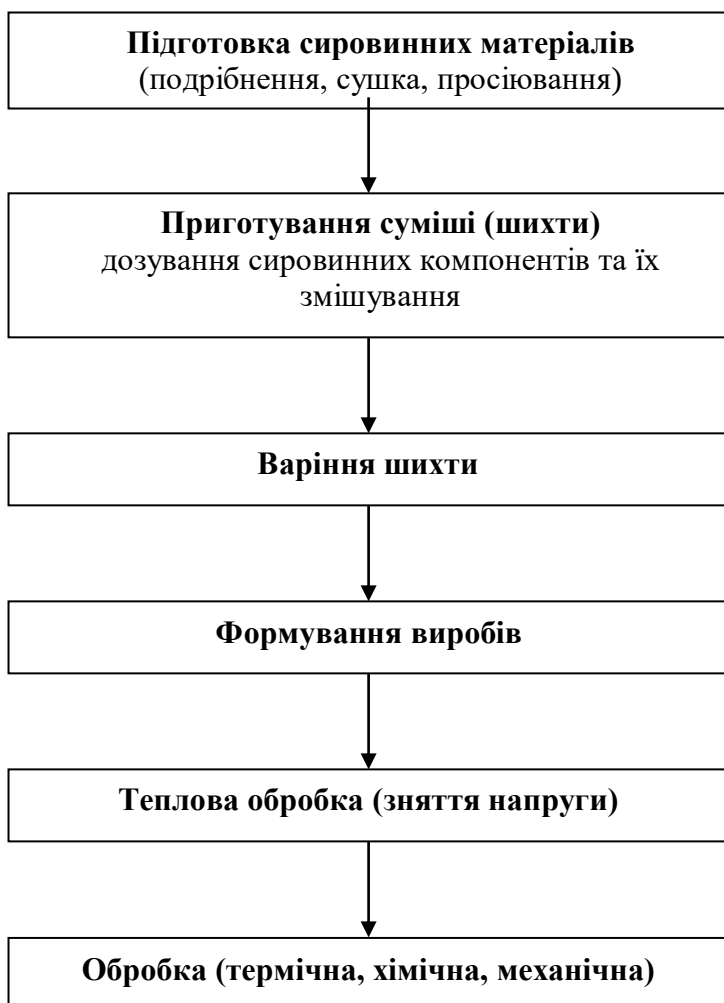
Хімічна стійкість скла визначається стійкістю до дії вологої атмосфери, води, кислот. Хімічна стійкість оцінюється кількістю лугів та інших розчинних компонентів, що перейшли в розчин при кип'ятінні скла у воді або розчинах кислот. Найбільша хімічна стійкість у кварцевого, боросилікатного (не більше 17% B_2O_3) і алюмосилікатного скла. По зниженню

інтенсивності руйнівної дії на скло хімічні реагенти розташовуються в такий ряд [6]:

$HF > H_3PO_4 > \text{розчини лугів} > \text{розчини лужних карбонатів} > HCl > H_2SO_4 > H_2O$.

5.3. Виробництво скла

Традиційна і водночас сучасна технологія промислового способу виготовлення скла складається з таких стадій:



В залежності від призначення скла, шихта містить різні оксиди і мінерали. SiO_2 є головним компонентом, його вводять у вигляді кварцевого піску, в якому завжди є домішки Fe і Cr, які надають потім склу жовтуватий або зеленуватий відтінок. Для одержання високоякісного скла, пісок очищають від домішок хімічними і фізичними способами. Оптимальний розмір часток піску 0,2-0,5 мм. B_2O_3 вводять у вигляді бури або H_3BO_3 , P_2O_5 у вигляді фосфатів або H_3PO_4 , Al_2O_3 з глиноземом, каоліном, глиною, польовим шпатом або $\text{Al}(\text{OH})_3$, Na_2O , Na_2CO_3 , K_2O з K_2CO_3 або KNO_3 , CaO з крейдою або вапняком, BaO з BaCO_3 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ або BaSO_4 , MgO з доломітом або магнезитом, Li_2O з Li_2CO_3 або з мінералами – сподуменом, лепідолітом, PbO у вигляді сурика, глета або силіката. [4,6]

Допоміжні матеріали шихти:

- *освітлювачі* (невеликі кількості $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Na_2SO_4 , NaCl , As_2O_3 , As_2O_5 в поєднанні з NH_4NO_3 , плави́ковий шпат;
- *знебарвлюючі речовини* (ті ж самі, що і освітлювачі, вони окислюють сполуки Fe);
- *барвники* (жовтий колір – CrO_3 , NiO , Fe_2O_3 , зелений – Cr_2O_3 , CuO , фіолетовий – NiO і Mn_2O_3 , рожевий – CoO , MnO і Se, коричневий – Fe_2O_3 , FeS , рубіново-червоний – колоїдні розчини Cu і Au);
- *заглушуючі речовини* (для одержання біло-молочного непрозорого скла);
- інші.

Процес скловаріння – це процес одержання однорідного розплаву, його розділяють на такі стадії:

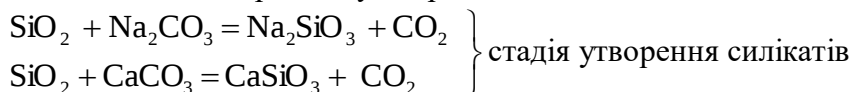
- утворення силікатів;
- утворення скла;
- освітлення;
- гомогенізація;
- охолодження.

Наприклад, віконне скло має приблизну формулу $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Ca} \cdot \text{SiO}_2$ і такий хімічний склад:

Вид скла	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃
Листове (віконне)	71,7- 72,8	1,5- 2,0	6,7- 8,6	3,5- 4,1	13,4- 14,5	1,1- 1,3	0,1- 0,11

Сировиною для його одержання є сода (Na₂CO₃), вапняк (CaCO₃), білий пісок (SiO₂).

Хімічний процес буде проходити так:



Варіння скла здійснюють у печах безперервної дії (електричних, газополум'яних з додатковим підігрівом).

На стадії утворення силікатів з'являється рідка фаза, ця стадія завершується при 1100-1200°C. З підвищенням температури до 1250-1300°C відбувається утворення розплаву скла, CO₂ видаляється, або неповністю. Відносно однорідна скломаса містить до 18% зв'язаних газів (CO₂, SO₂, O₂ і ін.). На стадії освітлення (1500-1600°C) відбувається видалення газових включень (стадія тривала). Для її прискорення додають речовини, які знижують поверхневий натяг маси. Одночасно з освітленням відбувається гомогенізація – усереднення розплаву по хімічному складу. Найкраще цей процес здійснювати механічним пристроєм (мішалка з вогнетривких матеріалів). На стадії охолодження скломасу готують до формування, яке відбувається при 400-500°C. Формування здійснюється такими методами: прокат, пресування, видування, витягування на спеціальних склоформуючих машинах та ін.

Наприклад, для виготовлення віконного та технічного листового скла, застосовують витягування.

Піноскло одержують при додаванні в шихту спеціальних добавок – пороутворювачів, які при варінні скла виділяють газоподібні речовини і насичують ними розплав, це відбувається при 700-800°C, якщо шихта з глини, гірських порід, нерудних матеріалів, то при 950-1150°C.

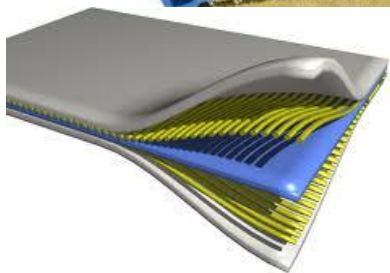
5.4. Історичні відомості

Вважають, що скловаріння вперше виникло в Єгипті і Месопотамії в четвертому тисячолітті до нашої ери. Вже в першому столітті нашої ери Рим став потужним центром виготовлення скла. З 9 по 17 століття Венеція стає найбільшим виробником скловиробів. В розвитку склотехнології виділяють 4 періоди [6]:

- 4-2 тисячоліття до нашої ери із скла виготовляли прикраси і предмети релігійного культу;
- 2-1 тисячоліття до нашої ери виготовляли невеликі сосуди;
- 1 тисячоліття до нашої ери винайшли скловидувну трубку, що дозволило тодішньому скловиробництву досягти небувалих висот, а скло перетворити в матеріал широкого вжитку;
- початок 19 століття – кінець 20 характеризується розповсюдженням машинної техніки, створенням багаточисельних видів скла і проникненням його в усі області побуту, будівництва, науки і техніки. Ця тенденція зберігається і в 21 столітті.

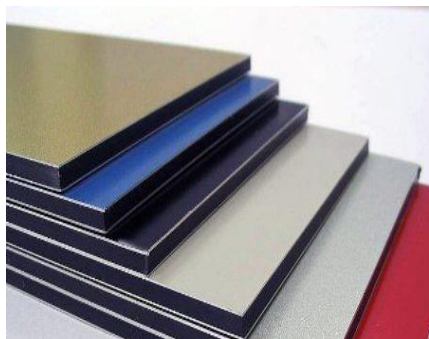
Контрольні питання

1. Приведіть хімічну формулу будівельного віконного скла.
2. Охарактеризуйте властивості скла.
3. Назвіть сировинні матеріали для виготовлення будівельного скла.
4. Назвіть хімічні процеси, які відбуваються при виробництві скла.
5. Назвіть область застосування будівельного скла.



КОМПОЗИЦІЙНІ

МАТЕРІАЛИ (КОМПОЗИТИ)



Розділ 6. Композиційні матеріали

6.1. Загальна характеристика

Композиційні матеріали (композити) з латинської «складання» – багатокомпонентні матеріали, які складаються з полімерної, металевої, вуглецевої, керамічної або іншої основи (матриці) армованої наповнювачами – волокнами, ниткоподібними кристалами, тонкодисперсними частинками та ін. Шляхом підбору складу і властивостей наповнювача одержують матеріали з заданими співвідношення експлуатаційних і технологічних властивостей. [2]

Використання в одному матеріалі декількох матриць (поліматричні композиційні матеріали) або наповнювачів різної природи (гібридні композиційні матеріали) створює можливості широкого регулювання властивостей композиційних матеріалів.

Наповнювачі в композиційному матеріалі сприймають на себе основну частину навантаження. В залежності від структури наповнювача композиційні матеріали бувають:

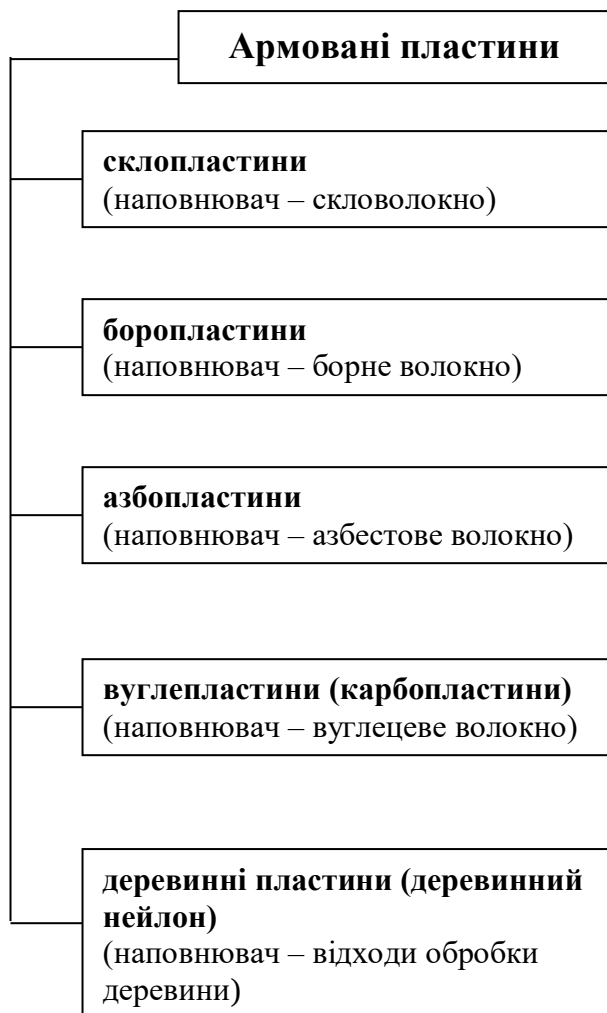
- волокнистими (армовані волокнами і ниткоподібними кристалами);
- багатошаровими (армовані плавками, пластинами, декількома шарами наповнювачів);
- дисперсноармовані (наповнювач у вигляді тонкодисперсних частинок).

Матриця в композиційному матеріалі забезпечує монолітність матеріала, передачу і розподіл напруги в наповнювачі, визначає тепло-, волого-, вогне- і хімічну стійкість.

Серед композитів виділяють в чисельну групу так-званих армованих пластин. Слово «агмо» з латинської означає «укріплення», отже армовані пластини – це матеріали на основі полімерного зв'язуючого – матриці і наповнювача волокнистої структури, який зміцнює.

Зв'язуючим в армованих пластинах є синтетичні смоли (епоксидні, фенолформальдегідні, поліефірні та ін), кремнійорганічні полімери, поліаміди, полііміди, полісульфони, фторпласти і ін.). Наповнювачами є волокнисті органічні і неорганічні матеріали, які використовують як мононитку, комплексну нитку, короткі волокна, тканини, войлок, ниткоподібні монокристали.

За видом наповнювача армовані пластини поділяють на такі групи матеріалів:



Якщо наповнювач використовують у вигляді коротких волокон, то армовані пластини називають *волоknітами*, у вигляді тканин – *текстолітами*, у вигляді паперу – *гетиноксами*.

По характеру орієнтації волокна розрізняють однонаправлені, перехреснонаправлені і просторовонаправлені армовані пластини.

6.2. Властивості армованих пластиків

Волокнистий наповнювач сприймаючи напруги, які виникають при деформації матеріала, визначає його міцність, жорсткість, деформацію.

Зв'язуючий матеріал заповнює простір між волокнами і надає монолітну структуру, передає напругу окремим волокнам і сприймає напруги, які діють в напрямках, що відрізняються від напрямів орієнтованих волокон.

Монолітність армованих пластиків підвищується при використанні наповнювача, попередньо обробленого, наприклад триваленням.

Анізотропію властивостей, зумовлену суттєвою різницею щодо міцності і деформації між наповнювачем і зв'язуючим регулюють зміною вмісту волокон і їх взаємним розташуванням в матеріалі. До того ж застосовують різні волокна, наприклад, борні і скловолокна, до яких входять ниткоподібні кристали в міжволоконний простір. Це так звані гібридні армовані пластики.

Найбільшу міцність, жорсткість, анізотропію властивостей мають однонаправлено орієнтовані армовані пластики на основі скляних, вуглецевих, борних волокон.

Властивості склопластиків залежать в основному від складу, діаметру і довжини скловолокна, його орієнтації і вмісту в зв'язуючому, від взаємодії на межі скловолоконно – зв'язуюче, технології виготовлення. [4]

Склопластини мають високу міцність, низьку теплопровідність і густину, радіопрозорість, хімічну

стійкість, атмосферостійкість, характеризуються високими електроізоляційними і діелектричними властивостями. Наприклад, склопластики на основі термореактивних поліефірних і епоксидних зв'язуючих працюють при 60-80 і 120-170°C, на основі фенольних і фуранових зв'язуючих до 200-250°C, полімідних до 250-400°C, кремній-органічних до 300-350°C, алюмо-хромфосфатних до 800-1100°C.

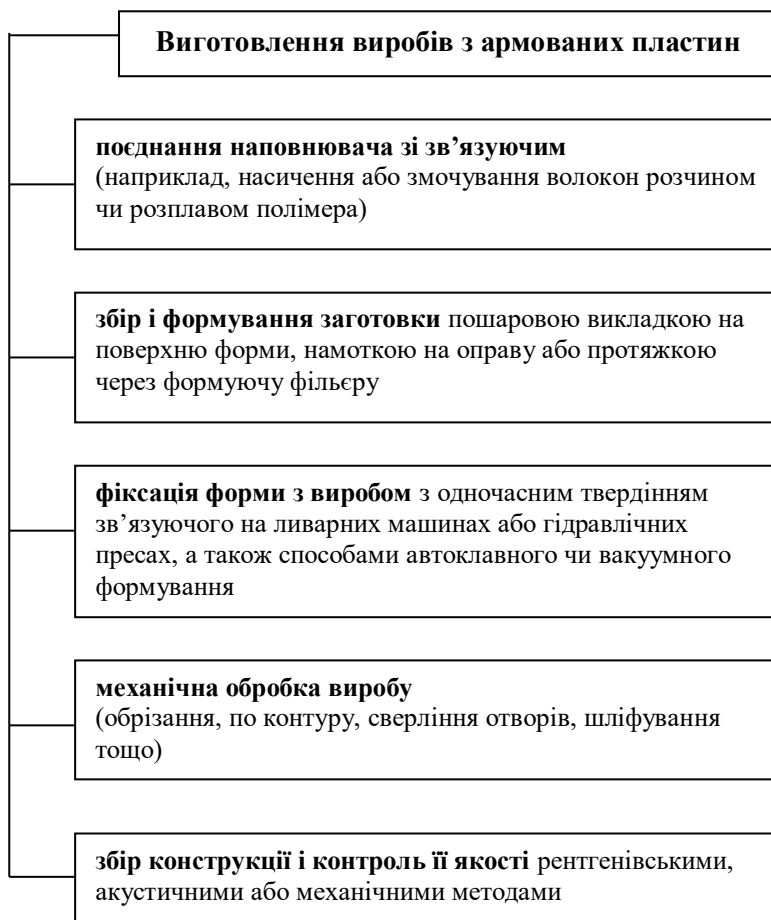
Вуглепластики мають низьку густину, високу міцність, статичну і динамічну виносливість, вібраційну міцність, високу хімічну і радіаційну стійкість, теплопровідність, практично нульовий коефіцієнт лінійного розширення.

Назва матеріалу	Густина, г/см ³	Міцність, мПа		Модуль пружності, ГПа
		розрив	стискання	
Склопластик епоксидний або полімідний з однонаправленими нитками	1,45-1,50	800-1700	700-1200	120-150
Склопластик епоксидний або полімідний з перехресним розташуванням волокон, стрічок	1,40-1,50	500-900	500-800	65-85

6.3.Основи виготовлення армованих пластиків

Так як армовані пластики знайшли широке використання як конструкційні, електроізоляційні, теплозахисні, антикорозійні матеріали в хімічному машинобудуванні, автомобільній, літакобудівній та космічній галузях, будівництві, станко-будуванні, виробництві предметів медичного призначення, для побутових потреб, то

технологій їх виготовлення існує багато, але є спільні процеси, представлені наступною схемою:



6.4. Композиційні матеріали – бетон та залізобетон

Широке практичне застосування у будівництві знайшли одні з найдавніших композиційних матеріалів – бетон та залізобетон.

Бетон (французьке *beton*, з латинської *bitumen* – гірська смола) – штучний кам'яноподібний матеріал, який

одержують в результаті твердіння ущільненої маси зв'язуючого матеріала, води та інертних наповнювачів.

Зв'язуючим матеріалом найчастіше є цемент, вміст якого складає 10-15% від маси бетону. Використовують також гіпс, шлакові та вапнякові зв'язуючі, розчинне скло, цемент з добавками полімерних матеріалів або бітумно-дьюгтеві зв'язуючі. Вводять також добавки пластифікаторів, піноутворювачів, прискорювачів або сповільнювачів твердіння тощо.

Бетони класифікують найчастіше за густиною, наприклад, на основі зв'язуючого – портландцементу.

Вид бетону	Густина, кг/м ³	Інертний наповнювач
Особливо важкий	2500	Важкий шпат, залізні опилки
Важкий (звичайний)	1800-2500	Кварцевий пісок, щебінь, гравій
Легкий	500-1800	Шлак, керамзит, туф, пемза
Особливо легкий	менш ніж 500	Пінополістирол, легкі вулканічні породи (перліт) або без наповнювачів

Склад бетонної суміші підбирають в залежності від заданих властивостей.

Свіжоприготовлена суміш повинна мати достатню рухливість, її гомогенізують в бетонозмішувачах, укладають і ущільнюють механічним способом (вібрація).

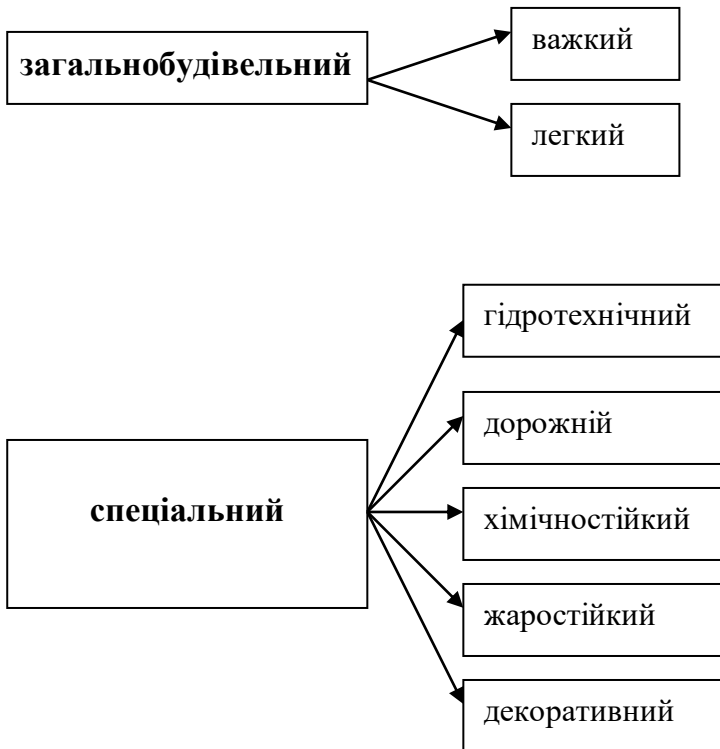
Міцність бетону швидко збільшується, особливо за перші 7-14 діб.

Марку бетону виражають міцністю на стискання (в кгс/см², 1кгс/см²=0,1 МПа) стандартних кубічних зразків з ребром в 15 см, які випробовують через 28 діб після твердіння при 15-20°C у промисловому і цивільному будівництві та через 180 діб для гідротехнічних споруд.

Твердіння бетону прискорюється при підвищенній температурі, тому при виготовленні виробів з бетону та залізобетонних конструкцій використовують обробку паром при звичайному тиску або в автоклавах.

Марка бетону встановлюється цифрами, наприклад: 200, 300, 500 (через 100) і вище. При визначенні витрат цементу на 1 м³ враховують вимоги щодо міцності і щільності бетону і пластичності бетонної суміші.

За призначенням бетон буває:



Дорожній бетон відрізняється підвищеною міцністю, морозо- та зносостійкістю.

Хімічностійкий бетон містить різні зв'язуючі матеріали і наповнювачі в залежності від агресивності середовища в якому буде працювати.

Жаростійкий бетон в якості наповнювача містить вогнестримуючі матеріали такі як шамот, дінас, корунд.

Декоративний бетон містить велику кількість наповнювача (гранітна або мармурова крихта та ін.) портланд цемент з пігментами.

Для виготовлення високоміцних бетонів застосовують суперпластифікатори, які здатні змінювати реологічні властивості цементу, вони регулюють фізико-хімічні процеси гідратації і твердіння цементної маси, модифікують структуру твердого бетону. Це хімічні речовини на основі нафталінсульфокислот, меламінової смоли і модифікованих лігносульфонатів. Суперпластифікатори вводять в бетонну суміш в кількості 0,2-1% від маси цементу.

В залежності від розміру наповнювача розрізняють крупно- і дрібнозернистий бетон. Перший містить щебінь або гравій з розмірами частинок 10-150 мм, другий – кварцевий пісок або дрібний щебінь з розмірами зерен 0,15-10 мм.

Широкого застосування у сучасному будівництві набули такі матеріали, як гіпсокартон та керамограніт.

Композиційні матеріали стали незамінними у сучасному будівництві, але це також і матеріали майбутнього.

Контрольні питання

1. Дайте визначення композиційним матеріалам.
2. Назвіть складові композиційних матеріалів і їх функції.
3. Способи регулювання властивостей композиційних матеріалів.
4. Назвіть види композиційних матеріалів.
5. Назвіть області використання армованих пластиків.
6. Назвіть види композиційних матеріалів.
7. Охарактеризуйте властивості бетону.

Використана література

1. Химическая энциклопедия. Том 2. Изд-во «Советская энциклопедия», Москва, 1990.
2. Химическая энциклопедия. Том 5. Научное изд-во «Большая российская энциклопедия», Москва, 1999.
3. Екологічна енциклопедія. Том 2. Київ. – 2007 р.
4. Остапчук Т.В., Рибак А.І. Система технологій (за видами діяльності): Навчальний посібник. – К.: ЦУЛ, 2003. – 888 с.
5. Экология города: Учебник. – К. : Либра, 2000. – 464 с.
6. Химическая энциклопедия. Том 4. Научное изд-во «Большая российская энциклопедия». Москва, 1995.
7. Мартиненко А.П., Мартиненко В.Г., Медведєва О.В. Хімія неметалів з основами біогеохімії. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів екологічного та агрономічного профілю. – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 330 с.
8. Боднарюк Ф.М. Загальна та неорганічна хімія. Ч. II. – Рівне:НУВГП, 2008. – 312 с.
9. Рейтер Л.Г., Степаненко О.М., Босов В.П. Теоретичні розділи загальної хімії. – К.: Каравела, 2012. – 303 с.
10. Строительная керамика. Справочник под ред. Е.Л. Рошваргера. Москва: Стройиздат, 1976.