

## Тема 4

# Мінеральні в'язучі речовини



Лектор к.т.н., доцент  
Павлов Євген Євгенійович

# КЛАСИФІКАЦІЯ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН

- ▶ **В'яжучими речовинами** називають матеріали, здатні в певних умовах (при змішуванні з водою, нагріванні та ін.) утворювати пластично-в'язке тісто, яке мимоволі або під дією певних факторів згодом твердне.
- ▶ в'яжучі речовини в залежності від складу ділять на:
  - **неорганічні** (вапно, цемент, гіпсові в'яжучі та ін.), які для переведення в робочий стан зачиняють водою (рідше водними розчинами солей);
  - **органічні** (бітуми, дьогті, синтетичні полімери та олігомери), які переводять у робочий стан нагріванням, за допомогою органічних розчинників або самі вони є в'язко-пластичні рідини.

# КЛАСИФІКАЦІЯ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН

- ▶ По відношенню до дії води в'яжучі ділять на: **повітряні** – П, **гідрравлічні** – Г та **автоклавні** – А
  - ▶ **Повітряні** в'яжучі здатні твердіти і довго зберігати міцність тільки на повітрі. За хімічним складом можна виділити чотири групи:
    - ▶ **вапняні**, що складаються, переважно, з гідроксиду кальцію  $\text{Ca(OH)}_2$ ;
    - ▶ **гіпсові**, що складаються із сульфату кальцію ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  або  $\text{CaSO}_4$ );
    - ▶ **магнезіальні**, головним компонентом яких є оксид магнію  $\text{MgO}$ ;
    - ▶ **рідке скло** - розчин силікату натрію або калію.

# КЛАСИФІКАЦІЯ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН

- ▶ **Гідравлічні** в'язучі здатні твердіти і тривалий час зберігати міцність не тільки на повітрі, а й у воді. :
  - ▶ гідравлічне вапно та романцемент;
  - ▶ силікатні цементи, що складаються переважно (> 75%) із силікатів кальцію; до них відносяться портландцемент та його різновиди;
  - ▶ алюмінієві цементи, що складаються в основному з алюмінатів кальцію (глиноземистий цемент та його різновиди);
  - ▶ в'язучі етtringітового типу, основними компонентами яких є алюмінати кальцію і сульфат кальцію (розширюються і безусадкові цементи).

# КЛАСИФІКАЦІЯ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН

- ▶ **В'яжучі автоклавного твердіння** – це речовини, здатні тверднути й утворювати міцний цементний камінь у автоклавах при підвищених температурі, тиску та вологості.
- ▶ До таких в'яжучих належать вапняно-кремнеземисті, вапняно-зольні, вапняно-шлакові в'яжучі, нефеліновий цемент.

# КЛАСИФІКАЦІЯ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН



# КЛАСИФІКАЦІЯ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН

Групи в'язучих за міцністю при стиску

Індекс групи	Характеристика групи за міцністю при стиску	Граничні значення міцності, МПа	Характерні представники групи
M1	Маломіцні	до 10	Вапно повітряне, вапно гідравлічне, гіпс будівельний, глини
M2	Пониженої міцності	понад 10 до 30 включно	Романцемент, гіпс високоміцний, композиційні цементи
M3	Середньої міцності	понад 30 до 50 включно	Портландцемент з добавками, пуцолановий цемент, шлакопортландцемент, ґрунтоцементи
M4	Високоміцні	понад 50 до 100 включно	Портландцемент високоміцний, шлаколужне в'язуче, глиноземистий цемент
M5	Надміцні	понад 100	Шлаколужне в'язуче, контактно-конденсаційні в'язучі

# КЛАСИФІКАЦІЯ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН

Групи в'язучих за швидкістю тужавлення

Індекс групи	Характеристика групи за швидкістю тужавлення	Нормативний термін початку тужавлення	Характерні представники групи
ТЖ1	Повільно-тужавіючі	не раніше 2 год.	Вапно повітряне гашене, вапно гідравлічне, глини, романцемент
ТЖ2	Нормально-тужавіючі	не раніше 45 хв. і не пізніше 2 год.	Портландцемент, портландцемент з добавками, пуцолановий цемент, шлакопортландцемент
ТЖ3	Швидко-тужавіючі	не раніше 15 хв. і не пізніше 45 хв.	Ангідритовий цемент, глиноземистий цемент, шлаколужні в'язучі, розчинне скло
ТЖ4	Найшвидко-тужавіючі	не пізніше 15 хв.	Гіпс будівельний, розширювальні цементы, напружуючий цемент



# ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ В'ЯЖЧИХ

- ▶ **Міцність** в'яжучих змінюється в часі, тому її оцінюють за міцністю (зазвичай на стиск та вигин) стандартних зразків, що тверділи певний час в умовах, встановлених стандартом;
- ▶ **Швидкість** твердіння.
  - ▶ Розрізняють дві стадії: **тужавіння** та **набір міцності (твердіння)**;
  - ▶ **Тужавіння** - втрата тестом в'яжучого пластично-в'язких властивостей;
  - ▶ **Початок тужавіння** - момент, коли з'являються ознаки загущення тіста, тобто воно починає втрачати пластичність;
  - ▶ **Кінець тужавіння** - момент, коли тісто перетворюється на тверде тіло, остаточно втрачаючи пластичність, але не набуваючи ще практично значної міцності.

# ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

(1824 - 1825) Єгор Челієв в Росії і Джозеф Аспдін в Англії

**Портландцемент** - гідравлічне в'язуче, одержуване тонким подрібненням портландцементного клінкеру (обпаленої до спікання сировинної суміші вапняку та глини) та невеликої кількості гіпсу (1,5...3 %)



у перекладі з латинського  
"битий камінь"

**Клінкер** – спечений продукт, результат випалювання до спікання при температурі 1450...1500 °С однорідної суміші вапняку і глини або природних мергелів з глинястими домішками більше 20 %.

Хімічний склад клінкеру такий:

CaO – 63...68 %,
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 4...8 %,
SiO <sub>2</sub> – 19...24 %,
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , – 2...6 %.

Його задовольняє суміш з 75...78 % вапняку і 25...22 % глини.

# ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

## ОСНОВНІ МІНЕРАЛИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ

- ▶ трикальцієвий силікат  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  (C3S) (аліт) - 42...65%
- ▶ двокальцієвий силікат  $2\text{CaO} \text{SiO}_2$  (C2S) (беліт) - 12...35%
- ▶ трикальцієвий алюмінат  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  (C3A) (целіт) – 4...14%
- ▶ чотирикальцієвий алюмоферит  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ -,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (C4AF) – 10...18%

## ВЛАСТИВОСТІ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ

Насипна (середня) щільність в сипкому стані – 1000...1100 кг/м<sup>3</sup>

Насипна (середня) щільність в ущільненому – 1400...1700 кг/м<sup>3</sup> .

Істинна щільність – 3,05...3,15 г/см<sup>3</sup> .

# ВИРОБНИЦТВО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

- ▶ Основні операції при отриманні портландцементу:
  - ▶ видобування сировини;
  - ▶ приготування суміші;
  - ▶ випалення її до отримання цементного клінкеру;
  - ▶ охолодження і розмелювання клінкеру з гіпсом і мінеральними добавками;
  - ▶ приймання та зберігання цементу.
- ▶ **Сировиною** для виробництва портландцементу служать суміші, що складаються з 75...78% **вапняку** (крейди, черепашника, вапнякового туфу, мармуру) і 22...25% **глин** (глинистих сланців, суглинків), або **вапнякові мергелі**.



# ВИРОБНИЦТВО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

- ▶ **За способом підготовки** сировинної суміші цемент виробляється трьома способами:
  - ▶ **Мокрим**
  - ▶ **Сухим**
  - ▶ **Комбінованим**
- ▶ **Мокрий спосіб** полягає в тому, що м'які гірські породи подрібнюють і змішують з великою кількістю води (36...42 %) у вигляді шламу.

Шлам готують у кульовому млині, куди подають подрібнений і віддозований вапняк і водну суспензію глини. Із млинів шлам подають у шлам-басейн, де коригують його склад і забезпечують однорідність.

Далі шлам надходить в **обертову піч** – металевий циліндр діаметром 5...7 і 60...230 м завдовжки всередині футерований вогнетривким матеріалом.



## ПІЧ УМОВНО МОЖНА ПОДІЛИТИ НА ЗОНИ:


- ▶ **СУШКИ** (температура матеріалу 100... 200 °С - тут відбувається часткове випаровування води);
- ▶ **ПІДІГРІВУ** (200...650°С—вигорять органічні домішки і починаються процеси дегідратації та розкладання глинистого компонента). Наприклад, розкладання каолініту відбувається за такою формулою:




далі при температурах 600 ... 1000 ° С відбувається розпад алюмосилікатів на оксиди.

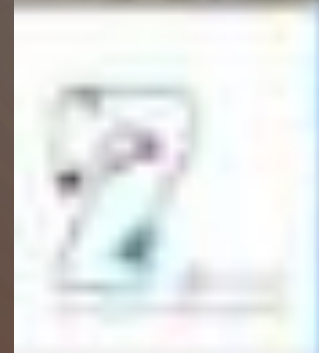
- ▶ **ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ** (900...1200°С) відбувається декарбонізація вапнякового компонента:  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ , одночасно триває розпад глинистих мінералів на оксиди. В результаті взаємодії основних (CaO, MgO) та кислотних оксидів (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>) у цій же зоні починаються процеси твердо-фазового синтезу нових сполук (CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — скорочений запис СА, який при більш високих температурах реагує з CaO і в кінці рідко фазового синтезу утворюється СЗА), що протікають східчасто;



- 
- ▶ **Клінкер** – гранули сіро-зеленого кольору розміром 15...25 мм – направляється з печі в холодильник, а потім на склад, де його витримують один-два тижні; за цей час вільний оксид кальцію гаситься вологою повітря.
  - ▶ Клінкер подрібнюють в кульових млинах, при необхідності додаючи гіпсовий камінь (2...5 %) для регулювання строків тужавіння, а іноді й добавки.
  - ▶ Із млинів цемент подають у силоси, звідки відвантажують замовникам.



- 
- ▶ **Сухий спосіб** полягає в тому, що сухі вапняки і глини подрібнюють спочатку окремо, а потім разом у млинах. Сировинне борошно з остаточною вологістю 1...2 % надходить у силоси, де коригують склад і створюють запас для роботи печі; далі всі операції такі самі, як і при мокрому способі. Випалювання провадять у шахтних чи обертових печах. Сухий спосіб потребує палива значно менше, ніж мокрий.
  - ▶ **Комбінований спосіб** полягає в тому, що сировинну суміш готують мокрим способом, потім шлам частково обезводнюють до вологості 16...18 % і випалюють, одержуючи цементний клінкер, який подрібнюють, як і в перших двох способах.



# CEMENT MANUFACTURING



Limestone  
Iron Ore  
Sand  
Clay



# ЗАСТОСУВАННЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА



- **За міцністю** цемент ділиться на марки, які визначаються переважно межею міцності при стисканні половинок зразків-балочок розміром 40\*40\*160 мм, виготовлених з розчину цементу складу 1 до 3 з кварцовим піском.





- ▶ **Марки** виражаються в числах 100-600 (як правило з кроком 100), що позначає міцність при стисканні відповідно в 100-600 бар (тобто 10-60 МПа).
- ▶ Цемент із маркою 600 завдяки своїй міцності називається «**військовим**» або «**фортифікаційним**» і коштує помітно більше марки 500. Застосовується для будівництва військових об'єктів, таких як бункери, ракетні шахти тощо.
- ▶ Також за міцністю нині цемент ділиться на **класи**.
- ▶ Основна відмінність класів від марок полягає в тому, що міцність виводиться не як середній показник, а вимагає не менше 95% забезпеченості (тобто 95 зразків зі 100 мають відповідати заявленому класу). Клас виражається в числах 30 - 60, які позначають міцність при стисканні (МПа).

# ВИДИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

За складом (з добавками, без добавок) розрізняють такі види портландцементу:



- ▶ шлакопортландцемент;
- ▶ швидкотвердіючий;
- ▶ сульфатостійкий;
- ▶ з помірною екзотермією;
- ▶ гідрофобний;
- ▶ пластифікований;
- ▶ білий портландцемент та ін.



# ШВИДКОТВЕРДІЮЧИЙ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

- ▶ Відрізняється швидким зростанням міцності у перші дні твердіння.
- ▶ Випускають ШТЦ двох марок: 400 та 500
- ▶ Застосовують для бетонів збірних конструкцій із підвищеною відпускною міцністю та монолітних конструкцій.

# ПЛАСТИФІКОВАНИЙ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

Такий цемент підвищує пластичність бетонних та розчинних сумішей порівняно із звичайним портландцементом при однаковій витраті води.

Це дозволяє:

- зменшити витрати портландцементу;
- підвищити міцність та морозостійкість бетонів та розчинів.

# ГІДРОФОБНИЙ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

- ▶ Отримують, додаючи до клінкеру при помолі гідрофобні поверхнево-активні речовини ПАР (0,05...0,5% від маси цементу), що утворюють на зернах цементу водовідштовхувальні плівки.
- ▶ Завдяки наявності захисних плівок при зберіганні та транспортуванні навіть у вологих умовах не намокає, не комкується і майже не втрачає своєї активності.
- ▶ Бетонні та розчинні суміші на гідрофобному цементі відрізняються підвищеною пластичністю, а після затвердіння – підвищеною морозостійкістю та водонепроникністю.

# СУЛЬФАТОСТІЙКИЙ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

- ▶ Сульфатостійкий цемент характеризується зниженим тепловиділенням при твердінні;
- ▶ Випускають марок: 300, 400, 500;
- ▶ Підвищується стійкість бетону до сульфатної корозії

# БІЛИЙ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

- ▶ Отримують з білих каолінових глин та чистих вапняків або крейди з мінімальним вмістом оксидів заліза, марганцю та хрому;
- ▶ Марки таких цементів 300, 400 та 500;
- ▶ Застосовують білий та кольорові цементи для оздоблювальних робіт.

# ПОРТЛАНДЦЕМЕНТИ З МІНЕРАЛЬНИМИ ДОБАВКАМИ

- ▶ **ШЛАКОПОРТЛАНДЦЕМЕНТ** одержують шляхом спільного помолу доменного гранульованого шлаку (21...80%), портландцементного клінкеру (79...20 %) та гіпсу (не більше 5 %);
- ▶ Випускають трьох марок: 300, 400 та 500;
- ▶ По корозійної стійкості та водостійкості перевершує звичайний портландцемент, але твердіє дещо повільніше;
- ▶ Недолік шлакопортландцементу - знижена морозостійкість

# ПУЦЦОЛАНОВИЙ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ

- ▶ Одержують або шляхом спільного помолу портландцементного клінкеру (79...60%), активної мінеральної добавки (21...40%) (вулканічні туфи, попели та пемзи, діатоміт, трепел, опока, золи ТЕС та інші речовини);
- ▶ Підвищуються: водостійкість та корозійна стійкість цементного каменю;
- ▶ Випускають марок: 300 та 400;
- ▶ Застосовують для гідротехнічного будівництва, а також для підземних та підводних споруд.

# ЦЕМЕНТИ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ

- ▶ Зміст клінкеру в таких цементах 20...30%, а решта цементу складається з мелених активних та інертних (вапняк, пісок) добавок.
- ▶ Марка цементів кладок 200.
- ▶ Такі цемента застосовують для розчинів кладок і штукатурних і неармованих бетонів класів В12,5 і нижче.



# ГЛИНОЗЕМІСТИЙ ЦЕМЕНТ

- ▶ Глиноземистий цемент — швидкоотвердіюча у воді і на повітрі високоміцна в'яжуча речовина;
- ▶ Отримують шляхом випалу до спікання або плавлення суміші матеріалів, багатих глиноземом та окисом кальцію та подальшого тонкого помолу продукту випалу.

## Недолік:

Глиноземистий цемент в 3-4 рази дорожчий за портландцемент

## Переваги:

- висока міцність за короткий термін твердіння;
- стійкість проти агресивного впливу таких речовин, що руйнують звичайний портландцемент;
- велике тепловиділення за короткий час;
- вогнетривкість;
- хороше зчеплення з арматурою



# ГЛИНОЗЕМІСТИЙ ЦЕМЕНТ ДОЦІЛЬНО ЗАСТОСОВУВАТИ:

- Для будівництва бетонних та залізобетонних конструкцій, які необхідно швидко ввести в експлуатацію, при ліквідації аварій, ремонті після пожеж, швидкому зведенні фундаментів під машини, що діють;
- Для зведення оборонних та військово-транспортних споруд;
- Для проведення бетонних та залізобетонних робіт в умовах низьких температур;
- Для зведення споруди, що знаходяться на мінералізованих водах або сірчистих газів, що піддаються дії;
- Для виготовлення вогнетривких бетонів та розчинів.



# РОМАНЦЕМЕНТ

**Романцемент** – продукт тонкого помолу обпалених не до спікання чистих та доломітизованих мергелів, що містять не менше 25% глинистих домішок.

Для регулювання властивостей романцемент вводять до 15% активних мінеральних добавок і до 5% природного двоводного гіпсу.

Початок схоплювання має наступати через 15 хв.

Кінець схоплювання - не пізніше 24 год з моменту замішування водою.

Розрізняють марки 25, 50 і 100.

Тонкість помолу романцементу характеризується залишком на ситі № 02 не більше 5%, а в ситі № 008 не більше 25%.

Застосовують для штукатурних та будівельних розчинів кладок, а також для бетонів низьких марок; може бути використаний у виробництві стінових каменів та дрібних блоків, особливо із застосуванням термообробки пором.

# ЦЕМЕНТИ, ЩО РОЗШИРЮЮТЬСЯ

**Цемент, що розширюється** - продукт, одержуваний ретельним змішуванням глиноземистого цементу або цементу і добавки що розширюються.

Відмінна властивість цементів, що розширюються, - здатність до розширення в процесі схоплювання і твердіння.

Лінійне розширення цементів, що розширюються, до 2%, через ефект розширення всередині виробів на основі такого цементу відбувається зміна таких базових властивостей як міцність, вологонепроникність, морозостійкість.

Завдяки підвищеній самонапруженню відстань між молекулами різко скорочується, завдяки чому водонепроникність і стійкість до агресивних середовищ виробів на основі цементів, що розширюються, зростає в кілька разів, малий вміст вологи підвищує морозостійкість до 1500 циклів.

# Використання

Завдяки ефекту розширення цементу, що розширюється, незамінні при закладенні тріщин, швів, зазорів свердловин болтів і анкерів, підбиванні муфт і фітингів у напірних і безнапірних трубах, влаштуванні гідроізоляційних бетонних покриттів у будівництві, реставрації та реконструкції очисних фундаментів, водопроводу. і т.п.



## РіЗНОВИДИ

- **Водонепроникний цемент, що розширюється (ВРЦ);**
- **Гіпсогліноземистий цемент, що розширюється;**



# ОРГАНІЧНІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ

**Органічні в'язучі речовини** - це високомолекулярні природні або синтетичні речовини, **здатні**:

- набувати рідко-в'язку консистенцію при нагріванні або при дії розчинників або мають рідко-в'язку консистенцію у вихідному стані;
- з часом мимоволі або під дією певних факторів (температури, речовин-затверджувачів та ін.) переходити в твердий стан.



**Залежно від походження**, хімічного та речовинного складу органічні


в'язучі ділять на такі групи:

- чорні в'язучі (бітуми та дьогті);
- природні смоли, клеї та полімери;
- синтетичні полімерні продукти.

**Залежно від відношення** до нагрівання та розчинників органічні в'язучі

ділять на:

- Термопластичні;
- Термореактивні.

- 
- ▶ **Термопластичними** називають речовини, які при нагріванні переходять з твердого стану в рідкий (плавляться), а при охолодженні знову тверднуть;
  - ▶ **Термореактивними** називають речовини, у яких перехід з рідкого стану в твердий відбувається необоротно.



**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!!!**

**САМОСТІЙНА РОБОТА:**

Повітряне вапно. Його виробництво. Види повітряного вапна. Гасіння вапна. Твердіння. Застосування, транспортування, зберігання. Техніка безпеки.

