

Лекція 4

Будівельне вапно

4.1. Загальні поняття і класифікація

Потреби сучасного будівництва сформували три основних напрямки його ефективного використання:

- самостійна в'язуча речовина з притаманними їй особливостями;
- компонент пуцоланових в'язучих систем;
- складова композиційних матеріалів – сухих будівельних сумішей модифікованих.

За хімічною природою повітряне вапно може бути кальцієвим (містить до 5% MgO), магнезійним (5-20% MgO) і доломітовим (20-40% MgO), що визначається складом кальцієво-магнієвих карбонатних порід.

Фізичний стан випаленої речовини визначає такі різновиди вапна:

- *Негашене грудкове вапно* – суміш грудок випаленої при температурі 1000-1100°C природної сировини, що містить карбонат кальцію і не більше 6% глинистих домішок.
- *Негашене мелене вапно («кипіла»)* – порошкоподібний продукт помелу грудкового вапна.
- Негашене вапно називають також вапном – «*кипілкою*», враховуючи, що при його гашенні підвищення температури може викликати кипіння води.
- *Гашене гідратне вапно («пушонка»)* – порошкоподібний продукт взаємодії грудкового або меленого негашеного вапна з водою в такій кількості, яка забезпечує перехід $\text{CaO} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$.
- *Вапняне тісто* – пластична пастоподібна маса, що утворюється при наданні надлишку води (понад 100%) порівняно з отриманням вапна-«пушонки».

- *Вапняне молоко* – суспензія, яку готують при наданні надлишку води до вапняного тіста або негашеного вапна.

Якість вапна оцінюється за ДСТУ Б В.2.7-90 декількома показниками. За активністю (вмістом активних, тобто здатних до гашення оксидів кальцію і магнію) негашене вапно може бути трьох сортів в залежності від вмісту суми активних оксидів кальцію та магнію, %, не менше: I сорт – 90, II сорт – 80, III сорт – 70. Гашене вапно характеризується двома сортами, %, не менше: I сорт – 67, II сорт – 60%.

Залежно від тривалості гашення вапно поділяється на види, хв: швидкого гашення (А) – до 8, середнього гашення (Б) – до 25, повільного гашення (В) – понад 25.

Стандартом обумовлюється дисперсність негашеного меленого вапна за залишком на ситі № 02 (гратка 0,2 мм) не більше 1,5% та ситі № 008 (гратка 0,08 мм) не більше 15% від маси проби, а для гашеного вапна обумовлюється вологість не більше 5%.

4.2. Сировина для виробництва вапна

Для отримання вапняних в'язучих речовин використовуються гірські породи осадового походження, що складаються з карбонатів кальцію CaCO_3 або подвійної карбонатної солі – доломіту $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$. Переважно це продукти вивітрювання та седиментації, які зустрічаються у вигляді масивних агрегатів, що утворюють в земній корі потужні товщі мономінеральних порід. Поширені також породи органогенного походження у вигляді ракушняка.

Кращою сировиною для виробництва повітряного вапна є чисті (практично без домішок) вапняки, які теоретично вміщують 56% CaO та 44% CO_2 .

Вапняки складаються мінералами ізоморфного ряду кальциту-арагоніту загальної формули CaCO_3 .

Зовнішній вигляд вапнякових порід, їх колір залежить від наявності домішок, серед яких найбільш характерними є доломіт $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$, магнезит MgCO_3 , глини, двоводний гіпс, кремнезем, залізовміщуючий пірит. При вмісті

глинистих домішок від 8 до 25% вапняки вважаються мергелистими, при вмісті карбонату магнію від 5 до 30% – доломітизованими, а при 25-45% – доломітами ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$).

Присутність відповідних домішок, хімічний склад породи впливає на характер процесів при випалюванні і якість вапна.

Фізичні властивості вапняків значною мірою визначаються їх структурою, яка може бути крупнозернистою (мармур), щільною дрібнозернистою (вапняк), крихкою (крейда), ніздрюватою (вапнисті туфи), складатися зцементованими кульками (оолітовий вапняк) або дрібненькими раковинами органогенного походження (ракушняк). Структура впливає на міцність породи, що в свою чергу регламентує умови та спосіб випалювання сировини – в шахтних чи обертових печах.

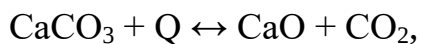
4.3. Основи виробництва негашеного вапна

Негашене вапно може бути отриманим у вигляді грудкового та дрібнодисперсного матеріалів, що визначається умовами його подальшого використання. Технологічний процес включає загальні для виробництва в'язучих речовин етапи:

- підготовчі операції, якими передбачається отримання сировини в такому вигляді, який забезпечує можливість здійснення її випалювання;
- випалювання;
- помел (вибірково).

Основна частина підготовчих операцій здійснюється в кар'єрі, де добувається карбонатна порода. Після розробки пласта порода у вигляді глиб досить великих розмірів (для високощільних вапняків) подається відповідними транспортними засобами на систему дробарок, а при отриманні грудок до 150 мм – на склад підприємства. Ефективним способом покращення процесу випалювання з отриманням однорідного продукту є фракціонування сировини та використання грудок однакового розміру.

Випалювання супроводжується фізико-хімічними процесами, в основі яких – дисоціація карбонату кальцію:



де Q теоретично становить 3,18 МДж/кг.

Технологічний процес випалювання в шахтній печі умовно підрозділяється на етапи, які здійснюються в конкретних температурних умовах.

Після завантаження в піч в її верхній зоні, що становить до 12% пічного простору, вапняк *підсушується* при температурі 250-400 °С. На цьому етапі сировина втрачає вільну вологу. Пересипаючись до долу, вона підпадає під дію температури 800-850 °С і *підігрівається* при проходженні ще 40 % об'єму печі. На цьому етапі вапняк максимально підготовлений до процесу дисоціації, а домішки глини переведені в активний стан зневоднених гідратів. Далі така сировина попадає в зону горіння палива, де температура теплоносія може досягати 1300 °С і проходить активний *процес декарбонізації* з утворенням CaO та виведенням летючих продуктів згорання, які містять CO₂ та частково CO (до 1%). Перед вивантаженням з печі вапно охолоджується до 100-150 °С. Для переведення в дисперсний стан здійснюють попередній помел грудкового вапна з отримання меленого негашеного вапна. Після помелу за вимогами стандарту дисперсність в'язучої речовини оцінюється залишком на ситі №02 не більше 1,5%, а на ситі №008 – 15% або питомою поверхнею в межах 3500 – 5000 см²/г. В технології отримання в'язучих речовин для автоклавних виробів (силікатна цегла, блоки з ніздрюватого бетону) вапно піддають помелу разом з кварцовим піском або добавками таких речовин як домений гранульований шлак та паливна зола.

Грудкове вапно повинно зберігатися в механізованих складах бункерного чи силосного типу, і транспортуватися в спеціально обладнаних транспортних засобах, що захищають його від зволоження, оскільки при підвищеній вологості не лише погіршується якість вапна, але й розвивається також висока температура.

Мелене негашене вапно зберігають на механізованих складах не більше 5...10 діб і відправляють споживачам у бітумізованих паперових мішках або в контейнерах і автоцементовозах. Зберігати вапно в мішках можна не більше 15 діб.

4.4. Основи виробництва гашеного вапна

Основу виробництва гашеного вапна становить процес взаємодії між оксидом кальцію та водою за загальною схемою:



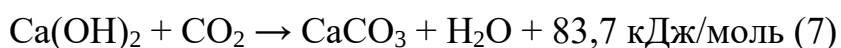
Технологічний процес здійснюється в лопатевих багатобарабанных апаратах-гідрататорах, головним чином, безперервної дії. Переходячи поступово з барабану в барабан, негашене вапно гаситься під дією певної кількості води або водяної пари і вивантажується у вигляді порошку. Об'єм гашеного вапна в 2-2,5 рази перевищує об'єм вихідного вапна-кипільки. Обов'язковою операцією є сепарація продукту гашення з метою видалення непогашених часток, залишати які небезпечно з точки зору можливостей розвитку процесу у виробі і відповідних йому деформацій руйнування. Залежно від конструкції та потужності гідрататора термін гашення може становити 15-20 хв. Процес можна прискорити за рахунок додавання солей електролітів, які сприяють підвищенню розчинності вапна або утворенню з ним більш розчинних сполук. Типовими з них є NaCl , CaCl_2 , MgCl_2 , NH_4Cl , $\text{Ca(NO}_3)_2$. Наявність алюмініатів, силікатів, оксиду магнію у вапні практично не впливає на розвиток самого процесу, але погіршує пластичність пушонки, утворюючи «пісне» тісто і розчин. Прискорюється процес гашення і за рахунок перемішування суміші. Дуже ефективним є спосіб гашення парою при постійному перемішуванні з отриманням сухогашеного гідратного вапна-пушонки. Для отримання сухого продукту доцільно використовувати високопористий м'яковипалений продукт, подрібнений до розмірів 1-2 мм, а при гашенні додавати речовини, що прискорюють цей процес: хлориди, нітрати та інш. За таким способом дисперсність вапна становить від 8000 до 35000 м²/кг.

Саме гашене вапно є кінцевим продуктом для застосування в якості в'язучої речовини в більшості технологічних процесів, хоча як компонент змішаних в'язучих за певних технологічних умов може бути використаним і негашене мелене вапно.

Крім сухогашеного продукту в результаті гашення з надлишковою кількістю води отримують вапняне тісто і вапняне молоко. Для отримання молока в термомеханічну установку у вигляді обертового барабану безперервно подають грудкове або подрібнене негашене вапно і додають 200 – 300 % води. Отримане молоко зливають в ємкості у вигляді спеціальних резервуарів. Такий продукт найчастіше доводять до консистенції сметаноподібної пасти за рахунок відстоювання протягом 15-20 год з відведенням води через спеціальні фільтри. Вапняне тісто вміщує 60-75 % вільної води, є тиксотропною системою і після згущування легко оновлює свою консистенцію.

4.5. Процеси тверднення вапна

Карбонатне тверднення здійснюється за рахунок взаємодії оксиду або гідроксиду кальцію з вуглекислим газом повітря, що супроводжується тепловиділенням і протікає досить повільно за схемою:



Гідратне тверднення розглядається як процес, що здійснюється за схемою (7) і має місце при використанні негашеного меленого вапна для отримання будівельного розчину, наприклад мурувального. В такому процесі здійснюється взаємодія оксиду кальцію з водою в таких умовах, коли присутність надлишкової води сприяє розвитку хімічного процесу і водночас не може сприяти формуванню максимальної міцності.

Гідросилікатне тверднення вапна має місце в присутності силікатної речовини, перш за все, кварцового піску, а його інтенсивність залежить від температурно-вологісних умов протікання. в умовах автоклавної обробки силікатної цегли або ніздрюватого бетону саме гідросилікатне тверднення визначає властивості виробу. При температурі вище 150 °C та надлишковому

тиску 0,6-0,8 МПа у вапняно-кремнеземистій суміші різко зростає розчинність кремнезему і утворюються кремнієві аквакомплекси, реакційно здатні по відношенню до присутніх за рахунок гідролізу $\text{Ca}(\text{OH})_2$ катіони Ca^{+} . Результатом такої реакції є утворення гідросилікатів кальцію протягом декількох годин здійснення процесу в автоклаві.

При гідросилікатному твердненні в автоклавних умовах при 170...200 °С утворюються спочатку гідросилікати $\text{C}_2\text{SH}(\text{A})$ і C_2SH_2 . Потім, по мірі збільшення температури і тривалості автоклавної обробки, в результаті збільшення розчинності кремнезему і зниження концентрації $\text{Ca}(\text{OH})_2$, синтезуються низькоосновні гідросилікати групи $\text{CSH}(\text{B})$.

4.6. Властивості і застосування вапна

До особливих властивостей вапна, перш за все, слід віднести практично білий колір, що характеризує найбільш чистий від домішок продукт, та високу пластичність. Це завжди визначало придатність вапна до використання в оздоблювальних та мурувальних роботах.

Густина вапна може змінюватися залежно від температури випалу і наявності домішок. Для грудкового повітряного вапна істинна густина коливається в межах 3,1...3,3 г/см³. Для гідратного вапна вона залежить від ступеня кристалізації.

Пластичність вапна забезпечує легкоукладальність суміші і пояснюється здатністю дисперсних частинок $\text{Ca}(\text{OH})_2$ адсорбційно утримувати на своїй поверхні шар води, що створює гідродинамічне змащення зерен і зменшує тертя між ними. Ця властивість доповнюється високою *водоутримуючою здатністю* (85-95% проти 50% для портландцементу), що в цілому і визначає ефективність використання вапняного розчину в тонкому шарі мурування або оздоблення.

Нерівномірність зміни об'єму може супроводжувати тверднення вапна і як результат – тріщиноутворення.

Висока усадка і низька міцність розчинів і бетонів на основі вапна викликана його *високою водопотребою*. Усадочні явища супроводжуються утворенням тріщин, особливо в поверхневих шарах виробів, де виникають значні розтягуючі напруження при висиханні.

Міцність вапна: на 28 добу затверділий розчин гідратного вапна має міцність при стиску 0,5-1,0 МПа, вапняно-піщаний розчин – 2,0-3,0 МПа.

Багаторічний досвід застосування вапняних розчинів і виробів показав їх високу *довговічність* в будівлях і спорудах при умові, якщо режим експлуатації відповідає властивостям вапняних в'язучих і особливостям прийнятої технології. Розчини і бетони на повітряному будівельному вапні є атмосферостійкими матеріалами. Процеси їх карбонізації при твердненні, а також взаємодія з активними мінеральними добавками сприяють покращенню їх властивостей.

Вапно, знаходить широке застосування у сучасному будівництві.

Останніми роками все більшого поширення набувають сухі будівельні суміші. В рецептурі багатьох з них одним з важливих компонентів є гідратне вапно-пушонка, що сприяє пластичності розчинів, підвищує їх водоутримуючу здатність і поліпшує ряд інших властивостей.

Висока пластичність і легкоукладальність вапняних і вапняно-цементних розчинів сприяють їх поширеному застосуванню при зведенні будівель і їх опорядженні. На основі вапна виготовляють різноманітні малярні склади, що відрізняються хорошим нанесенням на різні поверхні, сумісністю з багатьма пігментами і добавками.

Змішані вапновміщуючі в'язучі матеріали, що виготовляють на основі вапна, кремнеземистого або алюмосилікатного компонентів проявляють гідравлічність і мають більш високу міцність, ніж вапно.

Починаючи з XX століття, значення вапна суттєво зросло з розвитком автоклавної технології отримання виробів зі щільного дрібнозернистого і ніздрюватого бетонів. В технології силікатної цегли грудкове негашене вапно мелють разом з кварцевим піском і витримують в силосах для гашення вапна,

після чого отримують сировинну суміш, яка подається на пресування. В технології ніздрюватого бетону негашене вапно підлягає гашенню в процесі мокрого помелу разом з піском або при сухому способі помелу витримується в силосах для гашення.

Запитання для самоконтролю:

1. Які існують різновиди вапна в залежності від фізичного стану?
2. Назвіть сировинні матеріали, які використовуються при виробництві будівельного вапна.
3. Наведіть особливості етапів технологічного процесу випалювання вапна в шахтній печі.
4. Назвіть способи отримання гашеного вапна.
5. В чому особливість гідросилікатного тверднення вапна?
6. Надайте особливі властивості вапна, які обумовлюють сферу його використання в будівельних матеріалах.
7. В яких будівельних матеріалах наразі широко використовується вапно?