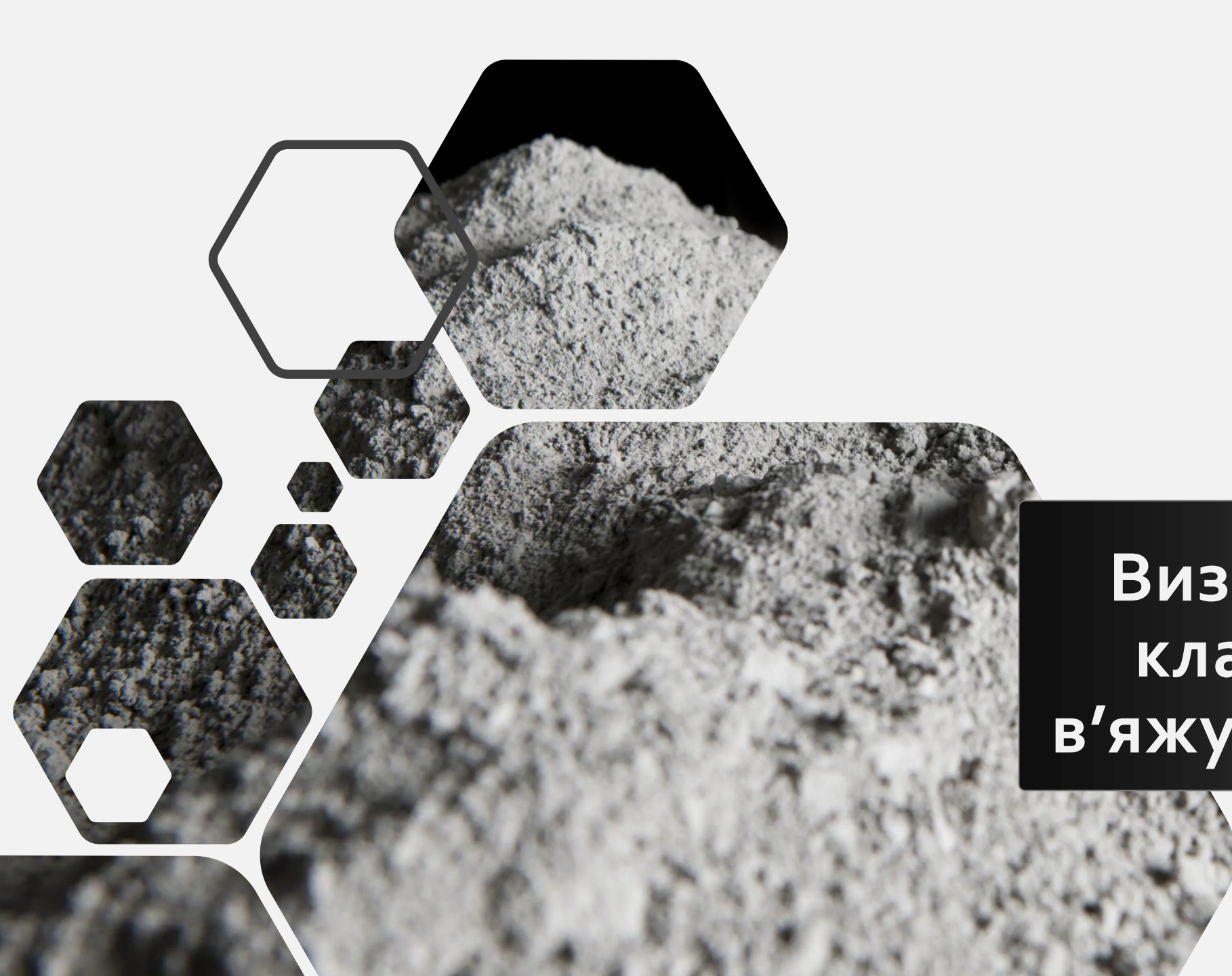




**Гірничче
матеріалознавство**



Визначення та класифікація в'язучих речовин

Неорганічними в'язучими речовинами називають порошкоподібні матеріали, які при змішуванні з водою утворюють пластично-в'язке тісто, здатне внаслідок фізико-хімічних процесів самочинно тверднути й переходити в каменеподібний стан. Виняток становлять магнезіальні та шлаколувні в'язучі, а також кислототривкий цемент, які замішують водними розчинами деяких солей та інших сполук.

Затверділе в'язуче скріплює між собою неорганічні (мінеральні) або органічні заповнювачі, утворюючи моноліт – штучний конгломерат. На цьому ґрунтується виробництво будівельних розчинів, бетонів, виготовлення різних безвипалювальних штучних матеріалів та виробів.



Класифікація мінеральних в'язучих

Мінеральні в'язучі згідно ДСТУ Б В.2.7-91-99 класифікуються за такими ознаками: визначальними фізико-механічними властивостями; умовами і механізмом тверднення; хімічною природою визначальних сполук; вмістом інгредієнтів.



Класифікація за визначальними фізико-механічними властивостями

- За міцністю на стиск
- За швидкістю тужавлення
- За швидкістю тверднення
- За спеціальними властивостями



Класифікація за умовами і механізмом тверднення

- Гідраційно-конденсаційні
- Контактно-конденсаційні
- Коагуляційні
- Поліконденсаційні

Класифікація мінеральних в'язучих

За хімічною природою визначальних сполук

- Лужноземельні
- Магnezіальні
- Лужні
- Алюмосилікатні
- Кислотно-основні
- Елементні

За вмістом складових компонентів

- Однокомпонентні
- Двокомпонентні
- Багатокомпонентні

Групи в'яжучих 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'яжуче, глиноземистий цемент
M5	Надміцні	понад 100	Шлаколужне в'яжуче, контактено конденсаційні в'яжучі

Групи в'яжучих за швидкістю тужавлення

Однією з унікальних властивостей саме мінеральних в'яжучих є такий параметр як тужавлення – процес перетворення рідкої маси в тверду. За швидкістю тужавлення мінеральні в'яжучі діляться на чотири групи:

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'яжучі, розчинне скло
ТЖ4	Найшвидко-тужавіючі	не пізніше 15 хв.	Гіпс будівельний, розширювальні цементи, напружуючий цемент

Неорганічні в'язучі речовини залежно від умов тверднення поділяють на три класи: повітряні – П, гідравлічні – Г та автоклавні – А.

Повітряні в'язучі речовини можуть тверднути й тривалий час зберігати міцність лише на повітрі, а тому їх застосовують у надземних спорудах, які не зазнають впливу води. До них належать гіпсові в'язучі матеріали, магнезіальні, рідке (розчинне) скло, а також повітряне будівельне вапно.

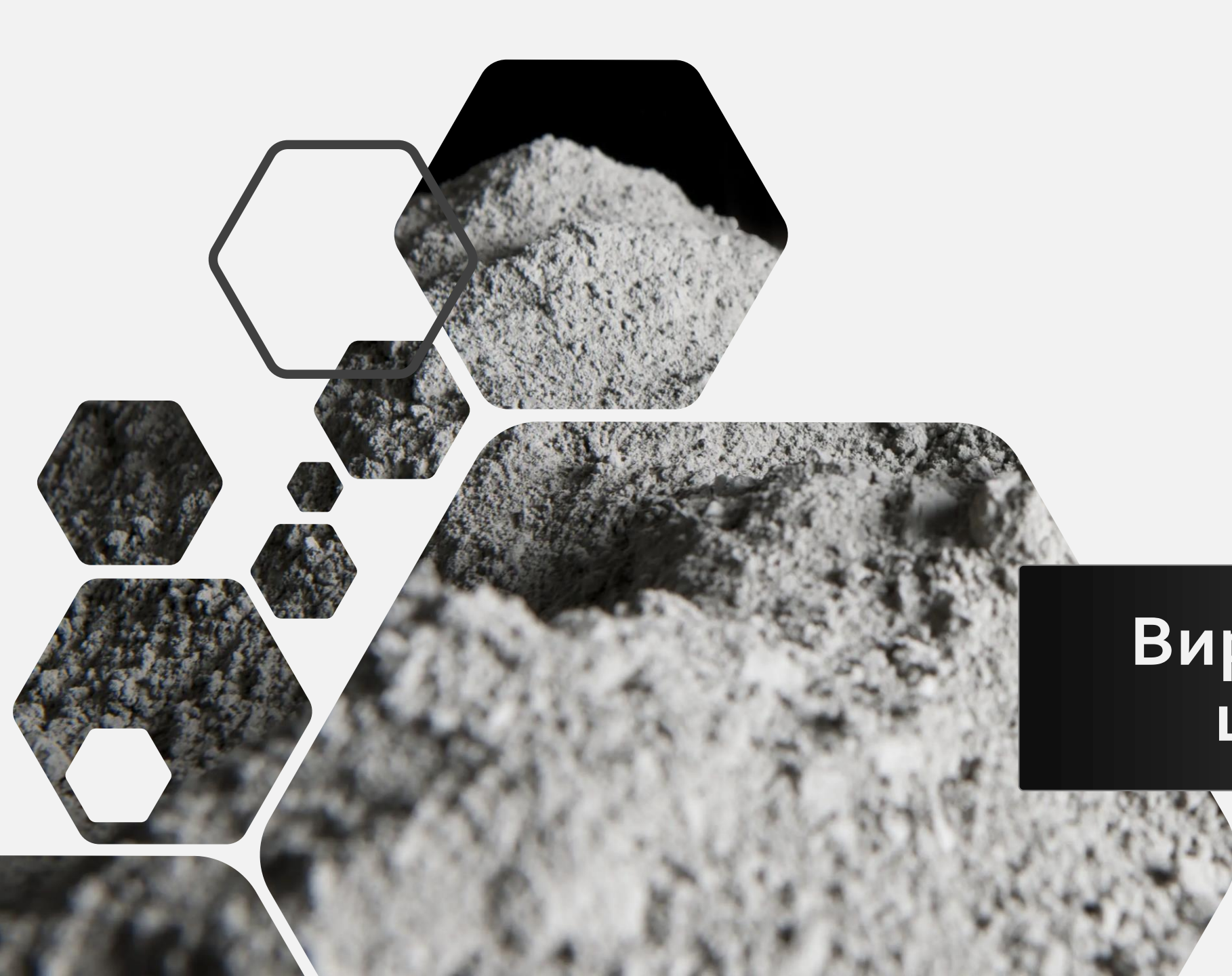


Гідравлічні в'язучі тверднуть і зберігають міцність, а іноді й підвищують її в часі не лише на повітрі, а й у воді. Їх застосовують у наземних, підземних, гідротехнічних та інших спорудах, які зазнають впливу води. До гідравлічних в'язучих належать гідравлічне вапно, портландцементи, спеціальні цементи тощо.

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

Сировиною для виробництва неорганічних речовин є гірські породи та побічні продукти промисловості. З гірських порід застосовують: сульфатні – гіпс, ангідрит; карбонатні – вапняк, крейду, вапнякові туфи, вапняк-черепашник, мрамур, доломіти, доломітизовані вапняки, магнезит; алюмосилікатні – нефеліни, глини, глинясті сланці; високо глиноземисті боксити, корунди; кремнеземисті – кварцовий пісок, траси, вулканічний попіл, діатоміт, трепел, опоку.

З побічних продуктів для виробництва неорганічних в'язучих застосовують металургійні та інші шлаки, золи ТЕС. При виробництві неорганічних в'язучих, крім основної сировини застосовують різні спеціальні добавки, які надають в'язучим потрібних властивостей.

A decorative graphic on the left side of the slide consists of several overlapping hexagons. Some hexagons are solid black, while others contain close-up images of grey cement powder. One hexagon is an empty white outline. The overall composition is modern and industrial.

Виробництво цементу

Портландцемент – це гідралічна в'язуча речовина, одержана тонким подрібненням цементного клінкеру з гіпсом та іншими добавками. 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 %.

Виробництво цементу складається з таких операцій: видобування сировини, приготування суміші, випалювання до спікання в клінкер, охолодження і розмелювання клінкеру з гіпсом і мінеральними добавками, приймання та зберігання цементу. За способом підготовки сировинної суміші цемент виробляються трьома способами: мокрим, сухим та 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 дозований 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 обертається, і шлам рухається вниз, де його зустрічає факел палива.



При температурі 500...750 °С згоряють органічні речовини і починається дегідратація, утворюються грудки, які потім розпадаються у порошок. При температурі вище 750...800 °С окремі частинки порошку зчіплюються в гранули. При температурі 900...1000 °С виділяються оксиди кальцію, які вступають у реакції з глиноземом, оксидом заліза і кремнеземом. При температурі 1200...1250 °С утворюються основні мінерали цементного клінкеру: двокальцієвий силікат $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (беліт), трикальцієвий силікат $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (аліт), трикальцієвий алюмінат $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, чотирикальцієвий алюмоферит $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$. Скорочений умовний запис цих мінералів відповідно такий: C_2S , C_3S , C_3A , C_3AF . Вміст цих мінералів у портландцементному клінкері: C_2S – 45...60, C_3S – 20...30, C_3A – 4...34, C_3AF – 10...18 %.



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.



Кожний із клінкерних мінералів має своєрідний вплив на властивості цементу.

Трикальцієвий силікат визначає швидкість твердіння; при твердінні виділяє багато теплоти, набирає високу міцність у перші дні.


Двокальцієвий силікат повільно твердне, виділяє мало теплоти. Продукт твердіння протягом першого місяця має невисоку міцність, але на пізніх стадіях стає високоміцним.

Трикальцієвий алюмінат у першу добу виділяє найбільше теплоти і швидко твердіє, має низьку міцність і низьку стійкість проти дії сірчаноокислих сполук.

Чотирикальцієвий алюмоферит характеризується помірним виділенням теплоти, твердіє повільніше, ніж аліт але швидше, ніж беліт.

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 проводять 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.



Властивості портландцементів

Міцність зростає дуже швидко протягом першого тижня, а по тім до 28 діб інтенсивність процесу уповільнюється. Дуже повільне зростання міцності після 28 діб може продовжуватися багато років у вологому і теплому середовищі. Твердіння цементу при мінусових температурах уповільнюється чи повністю зупиняється, після відтавання цемент продовжує набирати міцність.

Міцність портландцементу характеризують його маркою, яку встановлюють за міцністю на вигин зразків-балочок розміром 40×40×160 мм і на стиск половинок цих балочок. Виготовляють зразки-балочки з цементнопіщаного розчину складу 1:3 (за масою) із стандартним вольським піском при водоцементному відношенні 0,4. Протягом першої доби зразки зберігають у формах, поміщених до камери з вологим повітрям, а потім без форм, ще 27 діб у ванні з водою ($t = 20 \pm 2$ °C), після чого випробовують. Значення границі міцності на стиск зразків називають активністю цементу, а округлене в бік зменшення значення активності маркою цементу.

Вимоги до міцності цементу згідно ДСТУ Б В.2.7-46-96 „Цементи загально будівельного призначення”

Марка цементу	Міцність при стиску, Н/мм ²		
	2 доби	7 діб	28 діб
300	-	25	30
400	-	20	40
400P	15	-	40
500	15	-	50
500P	25	-	50
550	20	-	55
600	25	-	60
Примітка. P позначено вид цементу з високою міцністю в ранньому віці.			

Насипна (середня) щільність портландцементу в сипкому стані – 1000...1100, а в ущільненому – 1400...1700 кг/м³.
Істинна щільність – 3,05...3,15 г/см³.

Водопотреба портландцементу – це мінімальна кількість води, потрібна для приготування цементного тіста заданої густоти (в'язкості). Водопотребу називають ще нормальною густиною і визначають за допомогою приладу Віка. Нормальна густина становить 24...27 % і залежить від мінерального складу клінкеру, природи і кількості добавки, тонкості помелу.

Строки тужавіння цементу – це час, протягом якого цементне тісто нормальної густоти втрачає свою пластичність, але ще не має помітної міцності. Визначають умовний початок тужавіння (початок втрати пластичності) і кінець тужавіння (повна втрата пластичності). Строки тужавіння цементу визначають приладом Віка за глибиною занурення голки в тісто нормальної густоти. Для портландцементу початок тужавіння має наступити не раніше як за 45 хв., а кінець – не пізніше як через 10 год. Іноді для регулювання строків тужавіння портландцементів застосовують добавки – сповільнювачі і прискорювачі тужавіння.





Спеціальні цементи

Глиноземистий цемент – швидкотверднуча гідравлічна в'язуча речовина, яка складається з низько основних алюмінатів кальцію. Сировиною для цього цементу є вапняки і боксити.

Тепловиділення глиноземистого цементу в 1,5 рази вище, ніж портландцементу, тому його можна застосовувати для зимового бетонування; не рекомендується для бетонування масивних конструкцій у літній період, а також конструкцій, що піддають тепловологісній і тепловій обробці. Колір цього цементу – від сірозеленого до чорного, середня щільність у сипкому стані – 1000...1300 кг/м³, водопотреба – 23...28 %. строки, тужавіння — початок не раніше як за 30 хв. І кінець не пізніше як за 12 год. після початку замішування. За строками тужавіння глиноземистий цемент дуже зручний для виготовлення виробів, тому що він є швидкотужавіючим.



Водонепроникний розширний цемент – швидкотужавіюча та швидкотверднуча гідравлічна в'язуча речовина, яку одержують помелом 70...76 % глиноземистого цементу, 20...22 % напівводного гіпсу і 10..11 % високоосновного алюмінату кальцію. Початок тужавіння – не раніше як за 4 хв., кінець – не пізніше як за 10 хв. з початку замішування водою. Розширюється цемент у межах 4...5 % внаслідок утворення гідросульфоалюмінату кальцію.

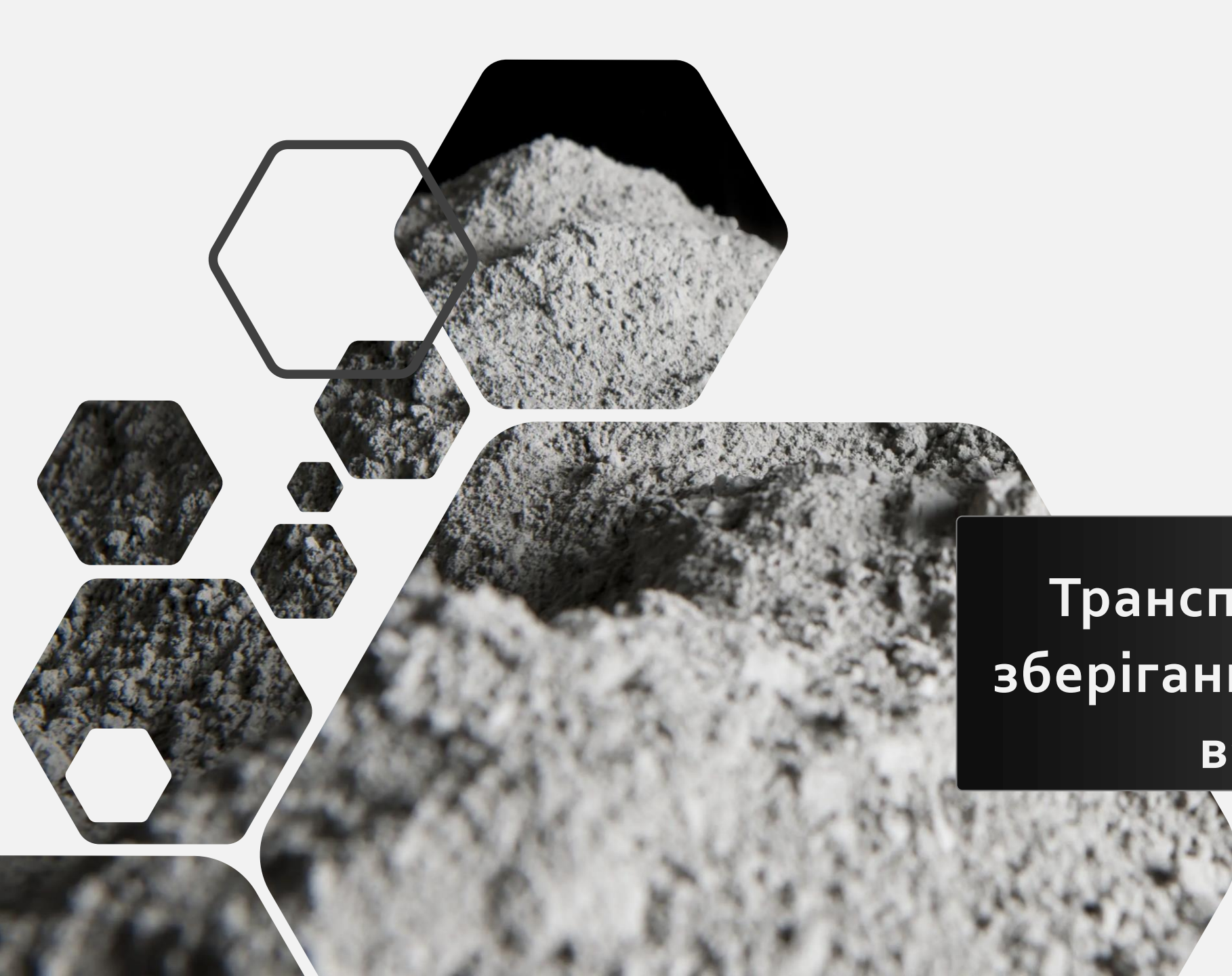
Використовують такий цемент для гідроізоляції тунелів, стовбурів шахт, у підземному та підводному бетонуванні, при створенні водонепроникних швів, але в усіх випадках умов експлуатації температура має бути вищою за 0°C, тому що такий цемент має знижену морозостійкість.



Водонепроникний безусадочний цемент – швидкотужавіюча та швидкотверднуча речовина, яку одержують змішуванням глиноземистого цементу, напівводного гіпсу і гашеного ванна. Початок тужавіння – не раніше як за 1 хв., а кінець – не пізніше як за 5 хв. Використовують для гідроізоляції підземних споруд.

Гіпсоглиноземистий розширний цемент одержують помелом чи змішуванням після попереднього подрібнення високоглиноземистого шлаку чи клінкеру (70 %) і природного двоводного гіпсу (30 %). Початок тужавіння – не раніше як за 20 хв., кінець – не пізніше як за 4 год. Розширення, яке відбувається тільки у воді, – 0,1...0,7 % через три доби і не більше ніж 1 % через 28 діб. Міцність зразків на стиск через три доби – не менше ніж 30 МПа. Застосовують цей цемент для виготовлення водонепроникних розчинів і бетонів, для гідроізоляції підвалів, шахт, труб, для замонолічування стиків.

Напружувальний цемент одержують спільним помелом 65...75 % портландцементного клінкеру, 13...20 % глиноземистого цементу та 1...10 % двоводного гіпсу. Застосовують для виготовлення попередньо напружених залізобетонних виробів. У процесі пропарювання залізобетонних виробів, сталева арматура яких натягнута в протилежних напрямках, цемент розширюється і створює в арматурі попереднє напруження. Початок тужавіння – через 2...5 хв., кінець – через 4...7 хв. Після доби твердіння такий цемент має міцність на стиск не менш як 15 МПа, а через 28 діб твердіння – 50 МПа. Використовують його для виготовлення залізобетонних конструкцій підвищеної несучої здатності і тріщиностійкості для підводних і підземних напірних споруд, спортивних об'єктів, тонкостінних просторових конструкцій.

A decorative graphic on the left side of the slide consists of several overlapping hexagons. Some hexagons are solid black, while others contain images of mineral binders. One hexagon shows a light-colored powder, another shows a darker, more granular material, and a larger one in the center shows a close-up of a textured surface. A white outline of a hexagon is also visible.

Транспортування та зберігання мінеральних в'язучих

Вироблений на заводі цемент відвантажують для транспортування до місця застосування партіями, розмір яких залежить від потужності заводу. Для транспортування насипом використовують пневмотранспорт, вагоницементовози, цистерни, контейнери, автоцементовози; їх також упаковують і транспортують у паперових, мішках. На цемент видається паспорт за номером, де зазначено назву заводу, дату відвантаження, номер партії, кількість вагонів, назву цементу, нормальну густоту, активність.



Цемент зберігають окремо за марками і видами в закритих складах, силосних бункерах. Змішувати цемент різних видів і марок забороняється. Під час транспортування і зберігання цемент потрібно захищати від дії вологи. Якщо потрібно визначити якість цементу, відбирають пробу масою 20 кг і направляють в лабораторію для випробування.



Час зберігання обмежений тому, що внаслідок поглинання вологи із повітря відбувається зниження активності. Через три місяці зберігання активність знижується на 20 %, через 6 місяців – на 30 %, через рік – на 40 %. Тонкомелені та швидкотверднучі цементи швидше втрачають свою активність. Відновлюють активність злежаних цементів додатковим помелом. Крім стандартних методів оцінки активності цементів іноді застосовують орієнтовні примітивні візуальні методи, наприклад стискають у долоні цемент, і якщо він після розтулення кулака не грудкується, а розсипається, то цемент суттєво не втратив активності; якщо ж окремі частки агрегують (грудкуються), то цемент втратив активність і слід оцінити можливість його використання стандартним методом.