УДК 691.55:661.21

Деякі аспекти підходу до розробки, виробництва і застосування матеріалів для реконструкції та реставрації будівель і споруд

Гасан Ю. Г.
Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

Розглянуті концептуальні підходи до розробки виробництва і застосування малоенергоємних матеріалів з різноманітними спеціальними властивостями для реконструкції, реставрації будівель і споруд та нового будівництва.

В практиці реконструкції та реставрації навіть більше, ніж нового будівництва, має велике значення забезпечення різноманітними за видами та властивостями матеріалами.

Саме штучні матеріали, завдяки можливостям їх модифікації та створення різноманітних композицій, здатні вирішити проблему насичення ринку матеріалами і виробами із спеціальними властивостями.

Для модифікації, як правило, застосовують новітні технологічні прийоми і устаткування, які суттєво впливають на процеси структуроутворення штучного матеріалу, а також — хімічні та мінеральні добавки — модифікатори.

Застосовування активних мінеральних добавок в технології виробництва в'яжучих речовин обумовлено декількома вагомими причинами: необхідністю надання в'яжучим речовинам спеціальних властивостей, економією паливно-енергетичних ресурсів, покращенням екології за рахунок утилізації промислових відходів.

Різке збільшення цін на енергоносії для більшості країн світу, в тому числі і України, потребує постійного пошуку шляхів зниження енергоємності виробництва будівельних матеріалів. За деякими публікаціями [1] питома вага енергії у собівартості металу і портландцементу в Україні сягає 50%.

Одним з можливих шляхів відновлення і подальшого ефективного розвитку будівельної індустрії при невеликих капіталовкладеннях є розширення виробництва і застосування малоенергоємних безклінкерних в'яжучих речовин, в першу чергу — гіпсових, або більш універсальних — змішаних типу гіпсоцементнопуцоланових, а також застосуванням різних відходів і супутніх продуктів інших галузей народного господарства, здатних направлено модифікувати такі в'яжучі речовини, надаючи їм нові необхідні властивості та покращуючи техніко-економічні показники і вирішуючи певною мірою проблеми екології.

Однією з найпоширеніших у світі активних мінеральних добавок у в'яжучі речовини, будівельні розчини і бетони є паливна зола. Економічно розвинуті країни світу утилізують для потреб будівництва від 40 до 90% паливних зол, що утворюються.

Вимоги до зол, як активних мінеральних добавок до в'яжучих речовин, будівельних розчинів і бетонів, обумовлені фізико-хімічним механізмом їх впливу на процеси тверднення та структуроутворення штучного каменю. Гідравлічна активність зол, як і інших домішок пуцоланового типу, в значній мірі обумовлена хімічною взаємодією наявних в них оксидів кремнію та алюмінію з гідроксидом кальцію, який виділяється при гідролізу клінкерних мінералів, з утворенням гідросилікатів і гідроалюмінатів кальцію. Гідратації зол сприяє їх аморфна складовидна складова, тоді як кристалічна — практично інертна. Хімічна активність зол певною мірою залежить також від їх дисперсності.

Застосовуючи золи в бетонах і розчинах треба враховувати, що основні золи здатні до самостійного тверднення, а кислі — до гідравлічної активності, особливо при тепловій обробці.

Серед інших найбільш ефективним з точки зору деяких авторів [2, 3] є спосіб застосування паливних зол, коли ними замінюють частину в'яжучої речовини і дрібного заповнювача, тому що при цьому забезпечується максимальна економія в'яжучої речовини і найбільший обсяг утилізації золи.

Бетонні і розчинні суміші з використанням зол мають меншу водопотребу, тепловиділення та усадку. Зниження водопотреби сумішей з добавками деяких зол обумовлене кульовидною формою часток золи, які мають оплавлену поверхню, що забезпечує зниження внутрішнього тертя компонентів сумішей, підвищуючи тим самим їх рухливість. Крім того зола покращує зерновий склад дрібного заповнювача в діапазоні дрібних фракцій, що призводить до підвищення легкоукладальності при відповідній заміні частини в'яжучої речовини золою.

На сьогодні в будівельній науці і практиці чітко простежується тенденція до

збільшення частки малоенерговміщуючих багатокомпонентних різновидів в'яжучих речовин. Наші дослідження [4, 5] і роботи інших авторів [6] доводять, що такі в'яжучі речовини марок 200...300 можна отримувати при застосуванні в них тільки 25...30% цементного клінкеру, а все інше може бути місцеві мінеральні добавки (в т.ч. відходи) та гіпсові в'яжучі речовини.

Ще одним безперечним аргументом доцільності розробки, виготовлення і застосування у будівництві низькомарочних багатокомпонентних різновидів мінеральних в'яжучих речовин є збільшення обсягів малоповерхового (котеджного) будівництва, для якого застосовують в середньому клас бетону В15, а ринок будівельних матеріалів пропонує портландцементи з активністю 40...50 МПа, що є з технічної і економічної точки зору недоцільним.

При проектуванні складів бетонів із застосуванням золи винесення, користуються в основному методами оптимальних співвідношень [7, 8], коли золу розглядають як низькосортну в'яжучу речовину із цементуючою здатністю (ефективністю), що дорівнює 0,25 її маси.

В Київському національному університеті будівництва і архітектури розроблена зологіпсоцементна в'яжуча речовина, в якій вміст золи винесення ТЕС більший ніж спільний вміст портландцемнту і гіпсової в'яжучої речовини [4].

Така змішана в'яжуча речовина зберігає позитивні технологічні властивості гіпсових в'яжучих (терміни тужавлення, легкоукладальність, чистоту лицьової поверхні виробів тощо), а експлуатаційні властивості виробів на такому в'яжучому (міцність, водостійкість, морозостійкість тощо) наближаються до властивостей виробів на основі портландцементу.

Особливий інтерес застосування такої в'яжучої речовини може бути при виготовленні ліпнини для реконструкції та реставрації фасадів будівель і споруд по технологіях формування способом заливки у форми, виточування чи протягування на спеціальних станках, коли виготовлення виробу можливе взагалі без форм, врахо-вуючи регульовану і цілком достатню швидкість тужавлення в процесі формування.

Одним із важливіших властивостей гіпсових облицювальних та стінових огороджувальних матеріалів є регулювання відносної вологості повітря і створення в приміщенні комфортного для людини мікроклімату, коли гіпсові матеріали і вироби в інтер'єрі працюють, як постійно діючі «кондиціонери» вбираючи чи віддаючи вологу. Недарма наші пращури полюбляли гіпсовапняну штукатурку, небезпідставно вважаючи, що вона дозволяє очищувати повітря житлових приміщень, поглинаючи неприємні пахощі і надлишкову вологу. Ця властивість гіпсових матеріалів пов'язана з особливостями їх порової структури. При отриманні гіпсового тіста нормальної консистенції за стандартами використовують у 2...3 рази більше води, ніж необхідно теоретично для гідратації напівгідрата сульфату кальцію. Надлишкова вода необхідна технологічно для надання суміші необхідної консистенції для заливання у форми.

Розташована у твердіючому гіпсовому камені хімічно не зв'язана (вільна) вода утворює нещільності між кристалами. При сушінні вода, що випаровується, лишає в структурі матеріалу мікрощілини та капіляри, що обумовлює характерну для гіпсу відкриту та частково наскрізну пористість.

Тому висока пористість є позитивною властивістю при застосуванні гіпсових матеріалів при реконструкції всередині приміщень, однак у випадку використання їх із зовнішньої сторони огороджувальної конструкції, наприклад, для оздоблення будівель, стає суттєвим недоліком. Це пов'язано із значним зниженням фізико-механічних показників гіпсових виробів при їх зволоженні. Саме через підвищену пористість гіпсові матеріали є дуже вологопроникними. Відомо, що сульфат кальцію має високу розчинність у воді (на порядок вище, ніж силікатів і алюмінатів, кальцію у портландцементі)[9]. Таким чином для підвищення водостійкості гіпсових матеріалів і виробів необхідно забезпечити зменшення їх водопроникності і розчинності.

Зменшення пористості і таким чином —проникності для води можна досягти зниження водогіпсового відношення суміші застосовуючи звичайні поверхнево-активні речовини або суперпластифікатори (С-3, 10-03 тощо), або заміною технології виливання у форми більш складними технологіями пресування, вібровакуумування тощо.

Однак такі підходи, дозволяючи дещо знизити водопроникність гіпсових матеріалів, не змінюють високу розчинність кристалогідрату штучного каменю.

Одним із сучасних напрямків підвищення водостійкості гіпсових виробів є «введення у склади сумішей чи просякнування затверділої матриці органічними і неорганічними полімерами, здатними створювати безперервну полімерну матрицю, яка «охоплює» каркас кристалічних новоутворень двогідрату, створюючи композиційні гіпсополімерні матеріали. Утворюється подвійна структура матеріалу («структура в структурі»). Пори гіпсового каменю заповнюються полімером, що підвищує його водопроникність. Крім того захисний шар полімерної плівки навколо кристалів гіпсу перешкоджає доступу води до високорозчинного сульфату кальцію.

В Київському національному університеті будівництва і архітектури розроблена технологія виготовлення пресованих гіпсових матеріалів і виробів, модифікованих карбамідоформальдегідною смолою[10]. Ця технологія дозволяє одержувати міцні та водостійкі композиції методом пресування напівсухих сумішей, коли кількість води наближена до теоретично необхідної для гідратації напівгідрату.

При реалізації запропонованої технології вперше встановлено, що кінетика збільшення міцності пресованого гіпсового каменю у часі обумовлена резервом непрогідратованого на першій стадії в'яжучого, наявністю високоміцного каркасу, який здатний витримувати внутрішні напруження в процесі тривалої гідратації,

коли гіпсова в'яжуча речовина твердне, як портландцемент, поетапно збільшуючи ступінь гідратації. При цьому частки твердої фази зближуються під тиском з утворенням значної кількості кристалізаційних контактів.

Застосована в технології гідрофобна домішка АДЕ-3 утворює на поверхні частинок гіпсової в'яжучої речовини плівки поліорганосилоксану, які відіграють роль «мастила» і сприяють рівномірному розподілу пор та гідрофобізують їх стінки.

Карбамідоформальдегідна смола КФ-МТ-15 зменшує міжагрегатне тертя, заповнює пори та мікрокапіляри, армує та зміцнює новоутворену структуру гіпсового каменю.

Штучний гіпсополімерний камінь має у 4 рази менше водопоглинання, ніж гіпсовий камінь, виготовлений з тіста нормальної консистенції. Капілярне всмоктування зменшується у 7...10 разів, водостійкість збільшується в 3 рази, міцність при стиску збільшується на 40...50%, при вигині — на 50...70%, при ударі — вдвічі. Збільшується також в 2...3 рази мікротвердість та в 3 рази модуль пружності.

Таким чином, розроблена технологія дозволяє використовувати гіпсові в'яжучі речовини для виробництва облицювальних фасадних плиток і навіть — покрівельних матеріалів.

На основі вищенаведеної концепції в Київському національному університеті будівництва і архітектури розроблена технологія виготовлення матеріалів і виробів з гіпсосіркового композиту [11]. На наш погляд ефективним способом підвищення водостійкості та інших будівельно-технічних властивостей капілярно-пористих будівельних матеріалів, в тому числі і на основі гіпсу, є просочування їх речовинами, здатними тверднути в поровому просторі цих матеріалів, створюючи «структуру в структурі».

Найбільш оптимальною просочувальною речовиною для модифікації гіпсобетонів є сірка, оскільки її розплав має ефективні просочувальні властивості, високу адгезію до різних мінеральних сполук, високу хімічну стійкість в багатьох агресивних середовищах, бактерицидність, а крім того сірка може бути неорганічним полімером. Україна має великі поклади природної сірки, та можливості утилізації сірки, що утворюється при очистці природного газу та викидів газів промислових підприємств і ТЕС.

При розробці технології врахована необхідність запобігання деструкції гіпсового каменю при дії на нього розплаву сірки, який має температуру 120...160°С. Для цього здійснюється двохстадійна сушка. Сам процес просочування розроблений таким чином, що створює умови конденсаційного вакуумування з урахуванням тепло-, масо- та вологопереносних характеристик композиту. Встановлений позитивний вплив на процес просочення і експлуатаційні характеристики композиту домішки золи винесення ТЕС.

Просочення розплавом сірки гіпсозольного каменю позитивно впливає на загальну структуру штучного каменю, зменшуючи загальну сумарну пористість у 6...8 разів, що обумовлює набуття ним високої морозостійкості (не менше 50 циклів). Міцність на стиск і вигин зростає у 8...12 разів, стираність становить не більше 0,3 г/см^2,а водостійкість не нижче 0,8.

Санітарно-гігієнічні дослідження показали, що композиційний матеріал на основі гіпсу та сірки є хімічно стабільним і не виділяє в повітря, воду і ґрунт шкідливі сполуки.

Отриманий композиційний матеріал за експлуатаційними характеристиками має технічну можливість і економічну доцільність бути застосованим для виготовлення високоміцних, корозійностійких та бактерицидних матеріалів (наприклад у вигляді плиток) для облицювання підлоги і стін тваринницьких комплексів, підприємств харчової, переробної, хімічної промисловості тощо.

Таким чином, дійсно концепція подальшого розвитку розробки, виготовлення та застосування малоенергоємних штучних матеріалів на основі безклінкерних або малоклінкерних в'яжучих речовин дасть можливість суттєво розширити номенклатуру довговічних і надійних матеріалів та виробів спеціального призначення для реконструкції та нового будівництва.

Перелік посилань

1. **Пархоменко В. П., Корнилова Т. М.** Глобальна стратегія енергозбереження у Україні // Экотехнология и ресурсосбережение. —1996. — №1. — С. 7-9.
2. **Стольников В. В., Кинд В. В.** Гидротехнический бетон с добавкой топливной золы-унос. — Л.: Госэнергоиздат, 1963. — 86 с.
3. **Бондарев Г. Н., Гасан Ю. Г., Красильникова З. С.** Проектирование состава тяжелого бетона с использованием золы и топливного шлака ТЭС // Строительные материалы, изделия и санитарная техника. —1988. — №11. — С. 15-19.
4. **Гасан Ю. Г., Кучерова Г. В.** В'яжуче та бетон з його використанням. Патен України №9512.
5. **Гасан Ю. Г., Кучерова Г. В., Бондаренко С. В., Азнаурян І. О.** Структуроутворення бетонів на зологіпсоцементному в'яжучому // Вісник Одеської Державної академії будівництва та архітектури. — 2004. — Вип.15.
6. **Смит Н. Э.** Современный подход к применению золы-унос в бетоне // Технология товарной бетонной смеси. Пер с анг. — М.: 1981. — С. 18-24.
7. **Рекомендации по применению в бетонах золы, шлака и золошлаковой смеси тепловых электростанций.** НИИЖБ Госстроя СССР. — М.: Стройиздат, 1986. — 23 с.

8. **Дворкин Л. И., Дворкин О. Л., Корнейчук Ю. А.**Эффективные цементно-зольные бетоны. — Ровно: Изд. «ТИ», 1998. — 196 с.

9. **Ратинов В. Б., Иванов Ф. М.** Химия в строительстве. — М.: Стройиздат, 1977.

10. **Дорошенко О. Ю., Гасан Ю. Г., Старинська Н. Н.** Композиція для приготування гіпсових виробів. Патент України №10307.

11. **Гасан Ю. Г., Казанський В. М., Тарасевич В. І., Ратінов В. Б.** Спосіб просочування виробів розплавом сірки. Патент України №6526.

Отримано 11.04.05