

КИЇВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

На правах рукопису

I. Rudenko

Руденко Ігор Ігоревич

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРЕСОВАНИХ ЗОЛОВМІШУЮЧИХ
ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕХАНІЗМУ КОНТАКТНОГО ТВЕРДНЕННЯ

Спеціальність 05.23.05 - Будівельні матеріали та вироби

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1997



00753720 (0)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Науково-дослідному інституті в'язучих речовин і матеріалів ім. В.Д. Глуховського при Київському державному технічному університеті будівництва і архітектури.

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор
Рунова Раїса Федорівна

Офіційні опоненти - доктор технічних наук,
професор Сергеев Аврор Михайлович

- кандидат технічних наук,
доцент Глуховський Владислав Вікторович

Провідна організація - Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів Держаної корпорації "Укрбудматеріали"

Захист відбудеться "11" червня 1997 р. о 13 годин на засіданні спеціалізованої ради К 01.18.08 "Будівельні матеріали та виробі. Основи і фундаменти" у Державному технічному університеті будівництва і архітектури за адресою:

252037, м. Київ-37, Повітрянофлотський проспект, 31.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного технічного університету будівництва і архітектури.

Автореферат розісланий "8" листопада 1997 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, к.т.н., доцент

Рукша В.О.

Ав 37806

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Основними питаннями, що вирішуються в технології силікатних матеріалів, є максимальне використання відходів виробництва та усунення або вдосконалення найбільш енергомістких операцій. Вирішення першого питання пов'язане насамперед з утилізацією багатотонажних відходів, в тому числі продуктів горіння твердого палива на теплових електростанціях - паливних золошлакових сумішей (ЗШС).

Однак, залучення золи та шлаку у процеси гідратування відбувається недостатньо у зв'язку з підвищеною щільністю оксидної фази та з низькою активністю кристалічної в їх складі. Відомі технології золовміщуючих виробів базуються на використанні рухомих формувальних сумішей, в яких підвищений вміст ЗШС обумовлює відносно низькі показники міцності та довговічності виробів, або напівсухих, що потребують пресування. В першому випадку використовують механо-хімічну активізацію ЗШС хімічними добавками під час диспергування, в другому - теплову активізацію при автоклавванні, яка пов'язана з великими питомими енерговитратами.

Тому актуальною проблемою є вдосконалення технології пресованих силікатних виробів з максимальним їх насиченням гідровідвальними ЗШС з одночасним забезпеченням достатніх технічних показників та скороченням енерговитрат на теплову обробку.

При розробленні рецептури та технологічних параметрів виробництва матеріалів на основі активізованих ЗШС необхідно враховувати можливість використання у вигляді добавок промислові відходи або попутні продукти. При цьому досягається комплексне вирішення регіональних екологічних питань.

Об'єктом досліджень є золовміщуючий бетон та технологія пресованих виробів з нього, в тому числі основні етапи технологічного процесу та їх параметри з урахуванням участі контактного тверднення вапняно-золяного в'язучого (ВЗВ) з добавками солей натрію.

Мета роботи. Розробка основ технології пресованих силікатних виробів з максимальним їх насиченням гідровідвальними ЗШС при одночасовому забезпеченні достатніх технічних показників одержуваних виробів та скороченні енерговитрат на їх теплову обробку.

Завдання роботи. Для досягнення мети були поставлені такі

завдання:

- оптимізувати склад ВЗВ з використанням хімічних добавок з групи солей натрію і пресбетонів на їх основі за критеріями технічних характеристик;
- дослідити закономірності впливу складу ЗШС на властивості в'язучого та пресбетону на його основі;
- дослідити технологічні умови утворення в ВЗВ дисперсної гідратної аморфізованої фази, здатної до контактного тверднення, та її вплив на міцність ВЗВ та бетону;
- вивчити параметри основних технологічних операцій з урахуванням участі контактного тверднення і їх вплив на міцність пресбетону;
- дослідити властивості пресбетону;
- розробити технологічний регламент на виробництво безавтоклавної цегли на основі активізованих ЗШС.

Методологія досліджень: аналіз літературних даних, формулювання завдання, складання робочої програми, вирішення завдання, проведення теоретичних досліджень, виконання експериментальних досліджень, статистична обробка результатів досліджень, побудова математичних моделей, визначення збіжності розрахункових та експериментальних даних, розробка технологічного регламенту та формулювання висновків.

Наукова новизна роботи:

- розкриті закономірності, що покладені в основу вдосконалення технології золівміщуючих пресованих виробів, суть яких полягає у встановленні умов утворення в дисперсному вигляді гідратної аморфізованої фази, наявність якої сприяє інтенсифікації структуроутворення матеріалу в процесі контактного тверднення під час пресування;
- доведено ефективність технологічного прийому механо-хімічної активізації ЗШС у складі ВЗВ при використанні добавок солей натрію, що забезпечує при послідовному витримуванні формувальної суміші на основі цього в'язучого поглиблення процесу утворення аморфізованої фази;
- запропонований метод оцінки ефективності прикладення пресуючого зусилля до золівміщуючих формувальних сумішей, що полягає у аналізі побудованої моделі взаємозв'язку між тиском пресування, вологістю суміші та середньою густиною пресбетону;
- обґрунтована необхідність і доцільність сумісного викорис-

тання паливної ЗШС з відходами хімічної очистки промислових стоків металообробних виробництв.

Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій обумовлюється:

- збіжністю аналітичних результатів з експериментальними даними, обґрунтуванням основних положень і висновків за допомогою сучасних методів математичного планування і статистичної обробки досліджених даних на ЕСМ, результатами комплексних фізико-хімічних досліджень;

- позитивними результатами промислового випробування рецептурних та технологічних рішень виробництва пресованої безавтоклавної золівмішучої цегли.

Практична цінність роботи :

Запропоновані рішення, які спрямовані на удосконалення технології пресованих виробів на основі ВЗВ за рахунок:

- насичення бетону ЗШС до 87% при забезпеченні міцності на стиск сирцю до 3.5 МПа, міцності на стиск після ТВО до 24 МПа, морозостійкості не менше 25 циклів, коефіцієнту теплопровідності 0.5 Дж/м·с·К, водопоглинання 10 мас.%;

- скорочення енерговитрат на теплову обробку пресованих виробів до 20% (по відношенню до автоклавної технології).

Розроблений технологічний регламент на виробництво безавтоклавної цегли на основі активізованих ЗШС з використанням відходів хімічної очистки гальванічних стоків.

Впровадження результатів роботи здійснювалося у 1997 р. на АТ "Керамперліт" (Україна, 254080, м. Київ, вул. Межигірська, 85) при виробництві пресованої безавтоклавної цегли на основі активізованої ЗШС.

Виявлено, що використання розробленої рецептури сировинних сумішей для виробництва пресованої безавтоклавної золівмішучої цегли забезпечує підвищені міцнісні показники сирцю та готових виробів при загальному вмісті ЗШС у складі формульованої суміші - 55% по масі.

Апробація роботи. Основні положення роботи представлені на: 1-й Міжнародній конференції з лужних цементів і бетонів (м. Київ, 1994 р.); 7-й Міжнародній науково-практичній конференції "Прогресивні технології та конструкції у будівництві" (м. Санкт-Петербург, 1995); Міжнародній конференції з захисту навколишнього середовища (м. Данді, Шотландія, 1996 р.); 5-му Міжнародному

семінарі з цементів і будівельних матеріалів (Нью-Делі, Індія, 1996); Маріупольській екологічній конференції - 96 (м. Маріуполь, 1996); 54-й, 55-й, 56-й, 57-й науково-практичних конференціях Київського Державного Технічного Університету Будівництва і Архітектури (м. Київ, 1993, 1994, 1995, 1996 рр.).

Публікації. Основні положення дисертації викладені у п'яти роботах.

На захист вноситься:

- розкриті закономірності і встановлені умови формування в дисперсному вигляді гідратної аморфізованої фази та її вплив на структуроутворення золівміщуючого матеріалу;

- доведення ефективності технологічного прийому механо-хімічної активізації ЗШС при використанні добавок солей натрію та стадії витримування формувальної суміші на основі вапняно-зольного в'язучого на поглиблення процесу формування в дисперсному вигляді гідратів нестабільної структури, що обумовлює підвищення вмісту ЗШС у складі безавтоклавного пресбетону з високою міцністю сирцю;

- метод оцінки ефективності прикладення пресуючого зусилля до золівміщуючих формувальних сумішей, що полягає у побудові моделі взаємозв'язку між тиском пресування, вологістю суміші та середньою густиною пресбетону;

- обґрунтування необхідності і доцільності сумісного використання ЗШС з відходами хімічної очистки промислових стоків металобробних виробництв.

Обсяг роботи. Дисертація складається з передмови, шести розділів, основних висновків, списку літератури та семи додатків. Робота включає 108 стор. основного тексту, 59 малюнків, 7 таблиць на 5 стор., списку літератури з 169 назв на 18 стор., 34 стор. додатків.

ЗМІСТ РОБОТИ

У передмові обґрунтована актуальність роботи, визначена її спрямованість і коло вирішуваних питань; сформульовані положення, які автор вносить на захист.

У першій главі на базі літературного огляду дана критична оцінка проблемі накопичення ЗШС, в тому числі на Україні, проаналізовані особливості їх фазового складу, рецептурні та тех-

нологічні прийоми підвищення їх пуцоланової активності.

Показано, що до 2100 року спалювання вугілля буде забезпечувати більш як 50% всієї енергії, отриманої з різних джерел, а тому необхідний постійний пошук рішень по утилізації зол, що утворюються. Численні технологічні рішення по утилізації ЗШС у будівельні матеріали в значній мірі пов'язані з використанням портландцементу та систем на його основі. В меншій мірі розроблюються та освоюються матеріали на основі вапняно-зольних систем, за виключенням "класичної" автоклавної технології.

Теорія питання підвищення пуцоланової активності ЗШС в найбільш повному обсязі розкрита у дослідженнях Ю.С. Бурова, Е.Е. Вишневського, В.Н. Виноградова, А.В. Волженського, Л.І. Дворкіна, Н.А. Попова, А.М. Сергеева та ін. Підкреслюється, що морфологія ЗШС обумовлює її низьку гідратаційну активність, яка пов'язана з щільністю структури скловидної фази, існуючої поряд з малоактивною кристалічною. Але водночас відмічається досить висока енергомісткість таких продуктів, яка пов'язана з їх генезисом.

Дослідженнями Л.І. Дворкіна, І.А. Пашкова, А.В. Мироненко, В.М. Орловського, А.А. Погореляка, С.К. Попруги та ін. показана ефективність хімічної активізації ВЗВ з метою отримання безавтоклавного газозолобетону. Використання вапняного молока у поєднанні з солями-електролітами забезпечує деструкцію зольного та шлакового компонентів суміші і, як наслідок, інтенсифікацію структуроутворення матеріалу. Аналогічні прийоми використовувалися в роботах Н.Г. Бабачева і М.М. Федініна, які реалізовані при отриманні рухомих бетонних сумішей та віброформованих виробів на їх основі.

Роботами В.Д. Глуховського, П.В. Кривенка, В.В. Чиркової, Ю.А. Фунді та ін. було показано, що активізація скловидної пуцолани - природної (перліт, ліпарит, базальт) або штучної (зола, шлак) - сполуками лужних металів супроводжується утворенням тоберморитового гелю і аморфізованих лужних гідроалюмосилікатів, що забезпечує високі показники технічних властивостей всієї групи лужних в'язучих. При цьому з робіт цієї ж наукової школи (Р.Ф. Рунова, І.І. Голубятников, М.А. Кочевих, С.Є. Максунів, В.П. Плохій, Ю.А. Шепляков) відомі нові властивості дисперсних аморфізованих гідратних продуктів - здатність макрочасток до утворення водостійкого штучного каменю під час оближення на відстані, коли проявляється надлишкова енергія речовини нестабільної структури. Такі властивості були названі контактнo-конденсаційними, а меха-

ніам їх реалізації - контактним твердненням. В найбільш значній мірі вказані властивості проявляються під час ущільнення системи, зокрема при пресуванні.

Виходячи з наведеного, була сформульована наукова гіпотеза про те, що традиційна автоклавна технологія силікатних виробів може бути вдосконалена з рахунок найбільш повного залучення кожного з традиційних етапів в процес структуроутворення матеріалу за умов інтенсифікації протікання пуцоланової реакції, в тому числі, на етапах технології до теплової обробки. В такому разі можна припустити найбільш повне насичення силікатної системи зошлаковою сумішшю, а автоклавну обробку, як найбільш енергомістку, усунути.

У другій главі наведена характеристика вихідних матеріалів та методів досліджень.

При виконанні експериментів використовували такі матеріали: кислу ЗШС (вміст SiO_2 - до 49-54%, Al_2O_3 - 18-21%, Fe_2O_3 - 10-13%, MgO - 1.7-3%, CaO - 2.5-3.7%, лужних оксидів - 4.0-4.3) при співвідношенні зола:шлак від 55:45 до 28:72; вапно будівельне, кварцевий пісок, у вигляді добавок - карбонат, сульфат натрію класу х.ч., а також два види відходів хімічної очистки гальванічних стоків Київського вагоноремонтного заводу: 1 - водна суспензія шламу (ГШ) вологістю до 95%; 2 - 10%-ний розчин сульфату натрію з добавками $\text{Fe}(\text{OH})_3$, названий ферореагентом (ФР).

В'яжучі отримували мокрим та сухим помелом вапна і ЗШС. Зразки в'яжучого пресували при тиску 40 МПа, а дрібнозернистих бетонів на його основі при тиску 20 - 40 МПа.

Активність в'яжучого характеризували міцністю при стиску зразків зразу після пресування, після тверднення за природних умов на повітрі і в воді, умов тепловологісної обробки (ТВО) при температурі $85 \pm 5^\circ\text{C}$ за режимом 3+6+3, сушки при температурі 60...80°C в продовж 16...18 годин, "термосному" витримуванню. В останньому випадку зразки вкривали поліетиленовою плівкою і витримували 16...24 години при температурі 60°C. Варіанти умов тверднення зразків пресбетону аналогічні.

Вивчення фазового складу вихідних речовин та продуктів гідратації виконували за допомогою комплексу фізико-хімічних методів досліджень: рентгено-фазового аналізу, диференційно-термічного, ІК-спектроскопії. Процеси гідратування вивчали методом десорбції та термкінетичним методом, а процеси структуроутворення

- методом акустичного резонансу.

Теплофізичні характеристики пресбетону визначали імпульсним методом лінійного джерела тепла. Параметри порової структури вимірювали методом сорбції хімічно чистого азоту на багатофункціональній установці ASAP 2000 фірми Micromeritics (США). Перед насиченням гелем азоту зразки пресбетону висушувались при 100 °С з одночасним вакуумуванням.

Оптимізація складу пресбетону за критеріями міцності, середньої густини, повітря- та морозостійкості виконувалася за допомогою методу експериментально-статистичного моделювання.

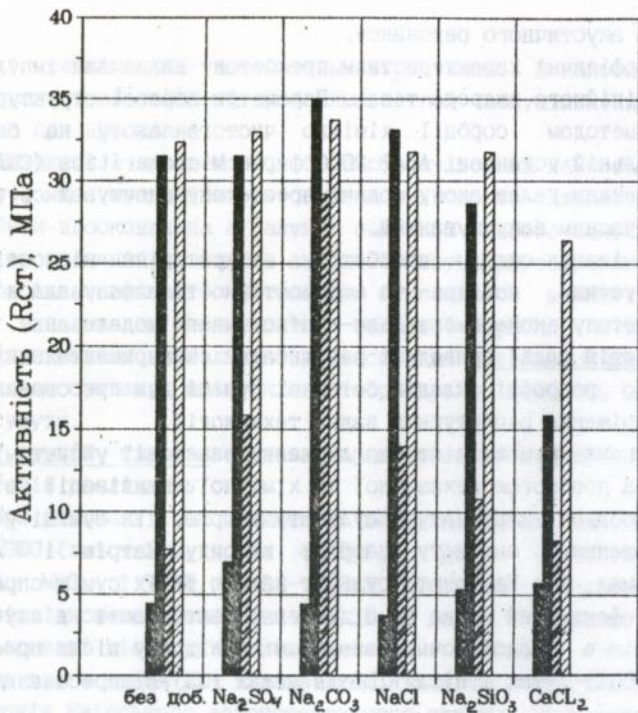
У третій главі приведені результати експериментальних досліджень по розробці складів бетонної суміші для пресованих виробів як вирішення рецептурних задач технології.

Встановлена можливість поглиблення взаємодії у системі "вапно-ЗШС" за допомогою механічної та хімічної активізації з залученням добавок карбонату, сульфату натрію, їх суміші у різних співвідношеннях, силікату натрію, хлориду натрію і хлориду кальцію (мал. 1). Карбонат, сульфат натрію та їх суміш справляють найбільш ефективний вплив на підвищення активності в'язучого у порівнянні з бездобавочним аналогом як відразу після пресування (в межах 60%), так і після ТВО (в межах 10%) відпресованного каменю.

Межі концентрації добавок у ВЗВ встановлені по критеріям підвищення активності при відсутності висолоутворення. Показано, що підвищення активності забезпечується закономірним підвищенням вмісту добавок у межах 8...10%. Однак визначено межі їх раціонального використання, які при підвищенні активності до 50% не створюють загрози висолоутворення: 4...6% для карбонату натрію, 2...3% для сульфату натрію, 4% для содосульфатної суміші. Використання відходів ФР і ГШ забезпечує підвищення активності у тих самих межах.

Показано, що доцільна межа вмісту активного СаО у складі ВЗВ за критерієм його міцності є 32%. Це відповідає загальній активності суміші 8%, що є типовим для вапняно-силікатних сумішей у виробництві автоклавної силікатної цегли.

Отримані результати пояснено за допомогою фізико-хімічних досліджень. Рентгенофазовим аналізом встановлено, що активізація пуцоланової реакції досягається вже на стадії помелу та поглиблюється при витримуванні суміші: фіксується зменшення інтенсивності



- ▨ - відразу після пресування;
- - після тепловологісної обробки;
- ▩ - після сушки;
- ▧ - після "термосного" витримання

Мал.1 - Залежність активності пресованого вапняно-зольного в'язучого від виду добавки.

рефлексів, що відносяться до портландиту та кварцу ЗШС, з одночасним появленням рефлексів слабкоакристалізованого тоберморитоподібного гідросилікату виду CSH(B). Наявність гелевидних утворень у ЕЗВ підтверджується також результатами ДТА і електронно-мікроскопічними знімками. При цьому характер новоутворень у ЕЗВ з використанням ФР та ГШ не відрізняється від ЕЗВ з хімічно чистим сульфатом натрію.

Дослідженнями впливу складу ЗШС, тобто співвідношення між її соляним і шлаковим компонентами, на активність ЕЗВ показано, що саме алюмосилікатне скло шлакової складової ЗШС визначає можливість модифікування ЕЗВ добавками солей натрію.

При розробці складу пресбетону встановлено, що при співвідношенні ЗШС : кварцевий пісок у заповнювачі від 1:1 до 2:1 загальний вміст ЗШС у складі формувальної суміші становить 55...67%. Такий склад забезпечує отримання сирцю (при P=40 МПа) міцністю на стиск 2.5...3.5 МПа та каменю після ТСО - 20...24 МПа.

Оптимізація складу пресбетону за критерієм міцності при стиску проведена за допомогою методу експериментально-статистичного моделювання. Встановлено, що міцність на стиск пресбетону має максимальне значення при вмісті ЗШС 55...60% та при зазначеному вище вмісті домішок солей натрію. Це визначило доцільність прийняття такого складу формувальної суміші пресбетону для подальших досліджень.

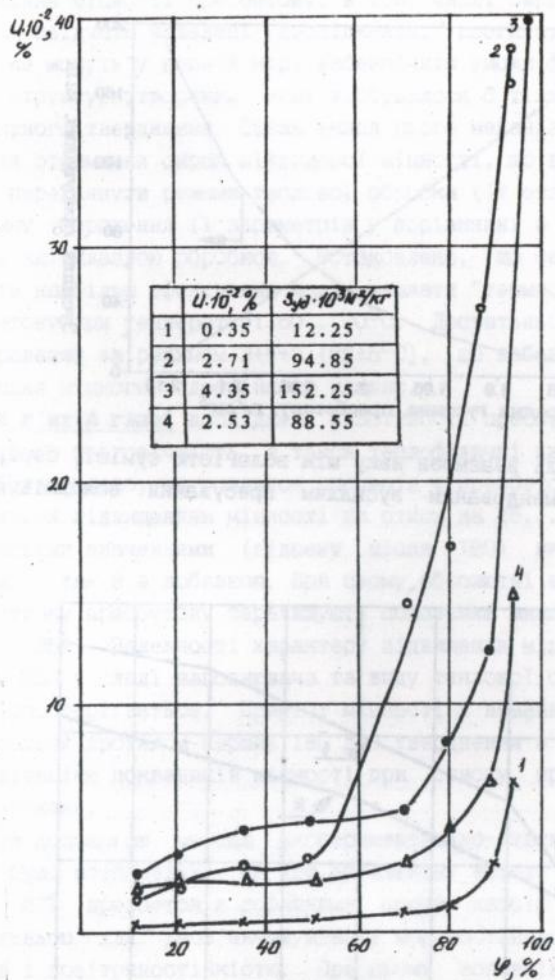
Четверта глава вміщує результати досліджень параметрів основних етапів технології безавтоклавних пресованих головміщуючих виробів. Такі етапи розглядаються як об'єкти оптимізації, тобто удосконалення технології, і включають мокрий або сухий помел в'язучого (а солевміщуючою добавкою) та приготування формувальної суміші в'язучого з заповнювачем (I), витримування суміші в силосах (II), пресування (III) і тверднення виробів в різних умовах (IV).

Відносно I етапу встановлено, що збільшення часу мокрого помелу при зменшенні залишку на ситі N 008 від 13 до 3% маси проби супроводжується підвищенням активності в'язучого відраза після пресування в 1.7 рази, після ТСО - в 1.4 рази, а міцності на стиск пресбетону в 1.2 рази. Наведені показники обумовлюються підвищенням ступеню гідратації ЕЗВ за час помелу на 20%. При цьому ступінь гідратації в'язучого з солевміщуючою добавкою приблизно в 3 рази вищий ніж у аналога.

Солевмішуча добавка у кількості 2% від маси БЗВ сприяє збільшенню вмісту гелевої фази до 7 разів, а 6% - у 12 раз в порівнянні з бездобавковим аналогом, що ідентифікується за допомогою кривих десорбції і визначається значенням вологовмісту U (при відносній вологості 30%) (мал. 2). Вказані висновки підтверджені даними рентгено-фазового аналізу і ІК-спектроскопії. Ступінь гідратації в'язучого сухого помелу з наступним замішуванням у порівнянні з мокромеленим аналогом як з добавкою, так і без неї - менше на 50%.

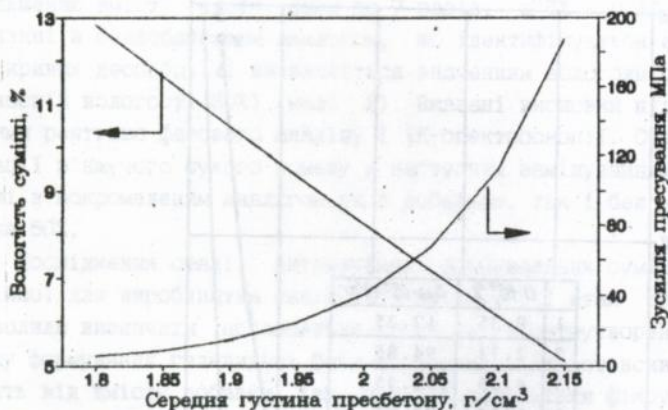
Дослідження стадії витримування формувальних сумішей - традиційної для виробництва силікатної цегли - (II етап технології) дозволили визначити поглиблення процесів гідратоутворення в напрямку формування гелевидної фази в системі. Їх інтенсивність залежить від вмісту добавки. Так, помітні результати фіксуються при збільшенні вмісту солі натрію у складі в'язучого до 6% - вміст гелевої фази за час витримування збільшується в 2 рази у порівнянні з аналогом. Вплив гідратних фаз сформованих при збільшенні часу витримування формувальних сумішей з 2 до 24 годин супроводжується підвищенням міцності пресбетону в 2.3 рази після пресування і в 1.5 рази після ТВО. Закономірності процесів на стадії витримування формувальних сумішей підтверджені за допомогою термокінетичного методу.

Таким чином, показано, що до початку III етапу технології - пресування - склалися передумови реалізації механізму контактного тверднення за рахунок присутності в системі підвищеної кількості гелевидної фази. Найбільш значимим для ефективності пресування є встановлення взаємозв'язку між такими факторами, як вологість суміші, середня густина пресбетону і зусилля пресування, що забезпечує оптимальність показників. Використання прийому моделювання за допомогою відомих рівнянь та аналіз графічних залежностей, побудованих на їх основі, дозволили встановити, що найбільша ефективність прикладання тиску до голівмішучої формувальної суміші досягається при формуванні з питомим зусиллям 20...40 МПа. Підвищення тиску більше 60 МПа веде до незначних змін густини пресбетону, тобто в практично не раціональним. При цьому пресбетон на основі в'язучого мокрого помелу (мал. 3) характеризується меншою середньою густиною у порівнянні з його аналогом, який одержаний на основі в'язучого сухого помелу при тому самому тиску пресування і вологості формувальної суміші. Цей факт визначає вклад утво-

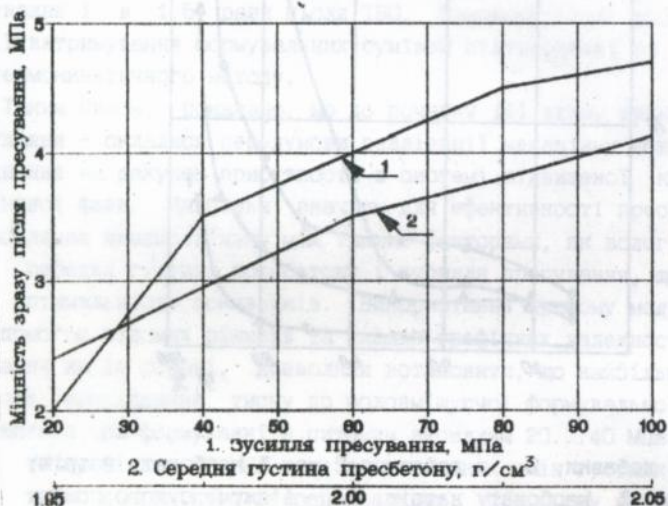


1 - без добавки; 2 - з добавкою 2 мас.% карбонату натрію;
 3 - 6 мас.% карбонату натрію; 4 - в'яжуче сухого помелу з
 добавкою 2 мас.% сульфату натрію

Мал. 2 - Термограми десорбції вапняно-гольного в'яжучого.



Мал.3 - Модель взаємозв'язку між вологістю суміші, середньою густиною і рекомендованим зусиллям пресування автозміцнюючого пресбетону.



Мал.4 - Залежність міцності бетону зразу після пресування від зусилля пресування (кр. 1) та середньої густини (кр. 2).

рених на стадії підготовки формувальних сумішей гідратних фаз у підвищення міцності пресбетону, в тому числі сирцю (мал. 4).

Як свідчать наведені дослідження, розглянуті технологічні етапи не можуть у повній мірі забезпечити умови формування сумішей, структуроутворення яких відбувалося б тільки за механізмом контактного тверднення. Однак вклад цього механізму є дуже важливим для отримання сирцю підвищеної міцності, що в свою чергу дозволяє переглянути режими теплової обробки (IV етап технології) в напрямку скорочення її параметрів у порівнянні з аналогами, перш за все автоклавною обробкою. Встановлено, що серед розглянутих режимів найбільш ефективним можна вважати "термосне" витримування пресбетону при температурі 60...70°C. Достатньо ефективним є й пропарювання за режимом 3+6+3 (85±5°C), що забезпечує можливість отримання міцного водостійкого каменю.

В п'ятій главі досліджені властивості пресбетону, що обумовлюють його довговічність, а також теплофізичні характеристики.

Встановлено, що розвиток процесів у пресбетоні у часі супроводжується підвищенням міцності на стиск на 25...30% порівнюючи з початковими значеннями (відразу після ТВО) як у бездобавковій системі, так й з добавкою. При цьому абсолютні значення міцності при стиску пресбетону перевищують показники аналогів без добавки на 30...35%. Залежності характеру підвищення міцності у часі від вмісту ШМС у складі заповнювача та виду теплової обробки пресбетону не спостерігається. Приріст міцності у вказаних межах спостерігається протягом перших 180 діб тверднення з наступною повною стабілізацією показників міцності при стиску протягом 3 років спостережень.

За допомогою метода експериментально-статистичного моделювання було встановлено, що при загальному вмісті ШМС у складі від 17 до 67% пресбетон з добавками солей натрію характеризується достатньою для умов експлуатації морозостійкістю - не менше 25 циклів і повітряностійкістю. При цьому головміщучий пресбетон характеризується коефіцієнтом теплопровідності від 0.93 до 0.5 (Дж/м·с·К). Порова структура пресбетону характеризується наявністю мікропор замкнутого характеру та гелевих пор.

Ці показники властивостей безавтоклавного головміщучого пресбетону дозволили рекомендувати його для виробництва стінового матеріалу.

У шостій главі на основі рецептурних та технологічних розро-

бок пресованих воловміщуючих виробів з використанням механізму контактного тверднення запропонований технологічний регламент на виробництво пресованої безавтоклавної цегли на основі активізованих ЗШС. Використання ФР разом з ГШ замість хімічно чистих солей натрію забезпечує додаткове зниження собівартості продукції.

Промислове випробовування цегли у відповідності з технологічним регламентом виконувалося на промисловій базі АТ завод "Керамперліт". Пресування цегли із сумішей розробленої рецептури з вмістом ЗШС 55% на промисловому пресі при тиску 30 МПа підтвердило лабораторні результати відносно високої міцності сирцю, що зумовлює скорочення об'єму браку.

Пропарювання пресованих виробів в пропарочній камері при температурі ізотермічного витримування $85 \pm 5^\circ\text{C}$ по режиму 3+6+3 год виявило відповідність показників міцності при стиску пресованої воловміщуючої цегли отриманої в лабораторних і промислових умовах.

Ефективність запропонованих прийомів вдосконалення технології пресованих воловміщуючих виробів підтверджена відповідними розрахунками теплових витрат. Показано, що досягається скорочення витрат теплоти і пари у межах 20% порівнюючи з автоклавною обробкою, яка, як відомо, потребує дотримання низки інших спеціальних умов.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Теоретично обґрунтована та експериментально підтверджена участь механізму контактного тверднення у вдосконаленні технології пресованого воловміщуючого бетону за рахунок інтенсифікації пуцоланової реакції в системі "вапно - ЗШС" з отриманням дисперсних аморфізованих гідратів. Це дозволяє підвищити вміст ЗШС у пресбетоні та виключити автоклавну обробку при отриманні матеріалу з необхідними технічними характеристиками.

2. Комплексом фізико-хімічних методів показаний активізуючий вплив групи солей натрію на процеси гідратування ВЗВ у дисперсному вигляді як основи для реалізації контактного тверднення. Показано, що на ці процеси справляють вплив як вміст добавки, так і вид аніонної складової солі: так, добавка сульфату і карбонату натрію, їх суміші сприяє формуванню більшої (у 2...12 разів) кількості гелевидних фаз у порівнянні з бездобавочною композиці-

єю. Аналогічний вплив мають домішки відходів ФР в ГШ замість вказаних хімічно чистих солей.

3. Встановлена закономірність зміни активності ЕЗВ в добавкою в залежності від вмісту шлакового компоненту, що представлений у складі ЗШС склофаазою: підвищення вмісту шлаку від 0 до 100% відповідає підвищенню активності ЕЗВ у 2.5 рази.

Експериментально встановлена можливість підвищення вмісту ЗШС у складі формувальної суміші (в т.ч. у заповнювачі) до 67%, що дозволяє рецептурно вирішити задачу отримання пресбетону з необхідними технічними показниками і обумовлено участю гелевидних фаз у структуроутворенні каменю.

4. Досліджені особливості окремих етапів як об'єктів удосконалення технології в цілому. В залежності від технологічних параметрів поміту виявлені закономірності утворення у ЕЗВ у присутності хімічної добавки дисперсної гідратної фази. Показано, що з підвищенням дисперсності ЕЗВ (при зменшенні залишку на ситі 008 після мокрого поміту від 13 до 3%) підвищується ступінь його гідратації на 20%, що обумовлює підвищення міцності в'язучого відрізу після пресування у 1.7 рази, пресбетону - у 1.2 рази.

5. Показано, що технологічна стадія витримування вапняно-азольних формувальних сумішей перед пресуванням сприяє поглибленню процесів гідратування, що проявляється у збільшенні вмісту гідратних фаз в 2 рази та супроводжується підвищенням міцності пресбетону відрізу, після пресування у 2.3 рази.

6. Досліджені параметри пресування головмішучих сумішей та за допомогою моделювання взаємозв'язку між тиском пресування, вологістю формувальної суміші та середньою густиною пресбетону встановлена область питомого тиску пресування 20...40 МПа, в якій найбільш ефективно реалізуються процеси контактного тверднення таких сумішей за критерієм міцності пресбетону.

7. Вивчено параметри теплової обробки пресбетону і встановлено, що необхідною технологічною умовою для отримання головмішучого пресбетону потрібної міцності та водостійкості є його теплова обробка при температурі 60...70 °С, що підтверджується стабілізацією значень показника модуля пружності системи в досліджуваному інтервалі температур.

8. На основі розробленої технології отримано пресбетон з вмістом ЗШС до 67%, який характеризується підвищеною міцністю сирцю (до 3.5 МПа) і готового виробу (до 24 МПа) при забезпеченні

показника морозостійкості не менше 25 циклів. Коефіцієнт теплопровідності отриманого пресбетону складає від 0,3 до 0,5 Дж/м·с·К, що обумовлено формуванням структури з замкнутою пористістю, яку визначають мікропори замкнутого характеру і гелеві пори. Ці показники властивостей безавтоклавного золівміщуючого пресбетону дозволили рекомендувати його для виробництва стінового матеріалу у вигляді цегли. На її виробництво розроблений технологічний регламент, який включає використання у складі бетону продуктів хімічної очистки гальванічних стоків.

9. Випуск дослідної партії пресованої золівміщуючої цегли в промислових умовах АТ заводу "КЕРАМПЕРЛІТ" підтвердив ефективність запропонованих напрямків удосконалення технології в цілому. Економічна ефективність досягається за рахунок підвищення вмісту ЗШС у складі пресбетону і скорочення енерговитрат на теплову обробку виробів, показником чого є зменшення тепловитрат в порівнянні з автоклавною технологією в межах 20% з одночасним підвищенням вмісту ЗШС у складі пресбетону.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНІ У НАСТУПНИХ РОБОТАХ:

1. Runova R.F., Kochevykh M.A. and Rudenko I.I. The Contribution of Contact- Condensation Process to the Structure Formation of the Pressed Concrete Based on Modified Lime-Fly Ash Binder / Proceed. 1st Int. Conf. on Alkaline Cements and Concretes, Kiev, 1994, Vol.2, p.705-717.

2. Runova R.F., Kochevykh M.A. and Rudenko I.I. Pressed ash containing concrete: activation of structure formation / Proceed. Int. Conf. Concrete for Environment Enhancement and Protection, Scotland, UK, 1996, p.671-676.

3. Runova R.F., Kochevykh M.A. and Rudenko I.I. Optimization of fine grain concrete based on lime - fuel ash binder pressing process / Proceed. 5th NCB Int. Seminar on Cement and Building Materials, New Delhi, 1996, Vol.3, p.XIII-78 - XIII-86.

4. Рунова Р.Ф., Кочевых М.А., Руденко И.И. Некоторые технологические приемы повышения коррозионной стойкости силикатного бетона / Труды VII Международ. научно-практ. конф., Санкт-Петербург, 1995. - С.43-44.

Б. Рунова Р.Ф., Кочевых М.А., Руденко И.И. Комплексное использование региональных промышленных отходов для получения стенового материала / Переработка отходов и очистка сточных вод: Труды мариупольской экологической конференции - 96, Мариуполь, 1996. - С.30-31.

Руденко И.И. Совершенствование технологии прессованных золосодержащих изделий с использованием механизма контактного твердения.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 Строительные материалы и изделия. Государственный технический университет строительства и архитектуры, Киев, 1997.

Разработана рецептура и основы технологии силикатных изделий с максимальным их насыщением гидротвальной золошлаковой смесью при одновременном обеспечении достаточных технических показателей и сокращении энергозатрат на тепловую обработку за счет исключения автоклавирования.

Ключові слова: золошлакова суміш, вапняно-золяне в'язуче, добавки, контактне тверднення, гідратування, структуроутворення, пресбетон, гелевидні фази.

Rudenko I.I. Perfecting a manufacturing technology for pressed ash-containing articles with the use of effect of contact hardening.

Thesis for Candidate of science degree on speciality 05.23.05 Building materials and articles. The State Technical University of Construction and Architecture, Kiev, 1997.

The formulations and bases of manufacturing technology of silicate articles with high volume of fuel ash - slag blends and simultaneous providing of required technical properties and energy consumption for heat treatment by excluding autoclave treatment have been elaborated.

Key words: fuel ash-slag blend, lime-ash binder, additives, contact hardening, hydrate formation, structure formation, pressed concrete, gel phase.

Підп. до друку 25.04.97 Формат 60×84¹/₁₆.
 Папір друк. № 1. Спосіб друку офсетний. Умовн. друк. арк. с, 23.
 Умовн. фарбо-відб. 1,00. Обл.-вид. арк. 1,0
 Тираж 100. Зам. № 7-1425.

Фірма «ВІПОЛ»
 252151, Київ, вул. Волинська, 60.