

ФУТЕРІВКА ТЕПЛОВИХ АГРЕГАТИВ ІЗ ЖАРОСТІЙКИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ГЛИНОЗЕМИСТОГО ЦЕМЕНТУ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

У статті наведені результати досліджень жаростійких в'язучих і матеріалів на їх основі для футерівки теплових агрегатів. Проведений вибір оптимальних складів жаростійких в'язучих та досліджено їх основні термомеханічні властивості. Також проаналізовано термомеханічні властивості отриманих жаростійких матеріалів. В умовах діючого виробництва здійснено впровадження футерувальних блоків печей випалу вапна.

Тривалість роботи теплових агрегатів на підприємствах чорної і кольорової металургії, підприємствах по виробництву будівельних матеріалів залежить від довговічності футерувальних матеріалів. Жаростійкі матеріали на основі глиноземистого цементу відрізняються стійкістю до постійних високих температур і забезпечують мінімальні енергозатрати, а також знижують собівартість будівництва на відміну від дрібноштучних вогнетривів.

Однією з причин недостатньо швидкого впровадження і заміни дрібноштучних вогнетривів жаростійкими матеріалами є низька термічна стійкість матеріалів на глиноземистому в'язучому, відсутність випуску нових видів в'язучих речовин на основі місцевих недефіцитних матеріалів. Тому використання жаростійких матеріалів на основі попутних продуктів і відходів виробництва металургійної промисловості є актуальним.

Проблемою дослідження підвищення термічної стійкості жаростійких матеріалів на основі глиноземистих цементів займалися К.Д. Некрасов, А.П. Тарасова, Т.В. Кузнецова, І.В. Кравченко, М.Ф. Чебурков, Д.З. Ильин, В.А. Іконніков, Шاپитько та інші [1-4].

З різних методів підвищення довговічності жаростійких матеріалів і зниження їх собівартості є використання тонкомелених добавок та дрібних і крупних заповнювачів із відходів промисловості.

Досвід будівництва і експлуатації теплових агрегатів із жаростійких матеріалів на основі глиноземистого цементу і тонкомелених добавок показав що:

1. Є можливість використання місцевих матеріалів, попутних продуктів промисловості і відходів виробництва.
2. Підвищується довговічність теплових агрегатів, за рахунок збільшення термічної стійкості.
3. Знижується собівартість будівництва теплових агрегатів та енергозатрати.

4. Поліпшується екологічний стан навколишнього середовища.

При сучасних темпах будівництва і ремонту теплових агрегатів необхідне їх швидке впровадження в експлуатацію. У зв'язку з цим найбільш перспективними для виготовлення жаростійких матеріалів є в'язучі з швидкими строками твердіння. До таких в'язучих можна віднести глиноземистий та високоглиноземистий цемент. Жаростійкі матеріали на глиноземистому цементі застосовують при температурах експлуатації до 1450°C, а матеріали на високоглиноземистому цементі – до 1700°C. Ці цементи найбільш часто застосовують з алюмосилікатними заповнювачами, так як хімічний і мінералогічний склад глиноземистого цементу близький до широко розповсюджених заповнювачів з алюмосилікатних матеріалів.

Глиноземисті цементи дозволяють отримати матеріал з маркою за міцністю на стиск М50 – М300, температурною усадкою 0,6-1%, коефіцієнтом теплопровідності (при температурі 600°C) 0,23-1,2 Вт/(м·К). Термостійкість таких виробів може досягати 50 циклів водних теплових змін при середній густині виробів від 750 до 2600 кг/м³ [1-3, 5].

На кафедрі будівельних матеріалів КНУБА були розроблені і дослідженні склади жаростійких в'язучих речовин і матеріалів на їх основі та визначені основні термомеханічні показники.

Вихідні компоненти та їх основні властивості:

1. Глиноземистий цемент М400. Хімічний склад: SiO₂-8%, Al₂O₃-32,3%, CaO-48,9%, Fe₂O₃-2,9%, FeO-4,4%, TiO₂-1,5%. Питома поверхня 420-430 м²/кг; залишок на ситі №008, 0,1-0,5%; нормальна густина цементного тіста 27%; початок тужавлення не пізніше 1,5 год.; кінець тужавлення не пізніше 5,0 год.
2. Пил газоочищення виробництва марганцевих феросплавів. Хімічний склад: SiO₂-38,7...49,8%, Al₂O₃-3,9...4,8%, CaO-4,2...4,86%, Fe₂O₃-2,2...2,8%, TiO₂-0,4...0,8%. Насипна густина не менше 500 кг/м³; питома поверхня 300 м²/кг; вологість за масою 3 %; масова частка SiO₂, не більше 45%; стійкість проти силікатного розпаду 0,76%; втрати при прожарюванні 0,87%.
3. Метакаолін. Хімічний склад: Al₂O₃-39,15%, Fe₂O₃-2,2...2,8%. Вогнетривкість 1690°C.
4. Шамотний заповнювач двох фракцій 1...3 мм і 3...6 мм. Хімічний склад: SiO₂-61,1%, Al₂O₃-33,9%, CaO-1,7%, Fe₂O₃-1,4%, MgO-0,8%, Na₂O+K₂O-1,1%. Істинна густина 2350 кг/м³; середня густина 1400...1500 кг/м³; водопоглинання 6...8 %; втрати при прожарюванні 0,3...0,4%; вогнетривкість 1680°C.

Фізико-технічні властивості жаростійкого в'язучого на основі глиноземистого цементу залежать від виду добавок і їх кількості. Тому в роботі досліджено вплив комплексної алюмосилікатної добавки на властивості в'язучого з метою визначення його оптимального складу.

Для визначення оптимального складу жаростійкого в'язучого було проведено двофакторне планування експерименту на зразках в'язучого [8, 9]. У якості параметрів, що варіюються прийнято вміст компонентів в'язучого: метаксоліну і пилу газоочищення виробництва марганцевих феросплавів.

Параметрами оптимізації були: межа міцності на стиск після 3-ох діб тверднення, межа міцності на стиск після сушіння при температурі 110°C, межа міцності на стиск після випалювання при температурі 400, 600, 800, 1000, 1300°C.

Результати випробувань зразків жаростійких в'язучих наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

План проведення експерименту. Результати випробувань

Точки плану	Склад в'язучого, мас. %			Вихідні параметри						
	Глиноземистий цемент	Метаксолін	Пил	Міцність на стиск цементного каменю після 3-ох діб тверднення	Міцність на стиск цементного каменю при температурі випалювання, МПа					
					110°C	400°C	600°C	800°C	1000°C	1300°C
1	75	15	10	36,3	33,1	13,6	21,1	16,0	10,9	12,5
2	85	15	0	47,9	44,8	30,5	75,3	39,8	33,0	34,1
3	85	5	10	37,9	34,8	31,3	29,3	20,8	9,4	10,5
4	95	5	0	59,6	56,8	82,0	83,6	33,8	19,6	20,4
5	80	15	5	47,3	43,5	41,3	47,5	41,9	22,8	24,0
6	90	5	5	49,6	45,3	43,2	41,3	25,8	18,8	19,9
7	80	10	10	44,7	40,9	38,3	35,4	26,9	22,6	23,9
8	90	10	0	57,1	53,8	53,0	53,3	35,8	33,9	34,8
9	85	10	5	46,3	42,8	32,5	29,1	20,3	16,5	17,9
контрольний	100	0	0	38,5	35,4	23,6	11,3	19,3	13,4	14,5

Отриманні моделі дають змогу якісно і кількісно оцінити вплив кожного із факторів на параметр оптимізації, а їх адекватність свідчить про те, що кількість добавки за межами оптимального використання не впливає на показники міцності на стиск.

У відповідності з даними по визначенню оптимальної кількості добавки були розроблені склади жаростійкого в'язучого для отримання жаростійких матеріалів підвищеної термостійкості. В'язуче готували на тісті нормальної густоти, що складає 27%.

Міцність на стиск жаростійких в'язучих визначали після 3-ох діб тверднення та сушіння при температурі $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ і нагріванні до температур 400, 600, 800, 1000, 1300°C . Результати випробувань наведені в табл. 1 склади 5, 6, 9.

Слід відмітити, що жаростійке в'язуче на основі глиноземистого цементу метакаоліну і пилу виробництва марганцевих феросплавів характеризується як і глиноземистий цемент швидким нарощуванням міцності. Характер зміни міцності зразків після випалювання для жаростійкого в'язучого і глиноземистого цементу аналогічний. Значну частину своєї міцності розроблені склади жаростійких в'язучих втрачають при випалюванні до температури 400°C , що пов'язано з повною дегідратацією гідроалюмінатів. При подальшому підйомі температури зниження міцності жаростійких в'язучих сповільнюється, а при нагріванні вище 1000°C спостерігається незначне зростання міцності внаслідок часткового спікання, що характерно для глиноземистого цементу. Підвищення залишкової міцності жаростійкого в'язучого до 60...70% сприяє збільшенню термічної стійкості матеріалу [2, 3, 6, 7].

Були визначені основні термомеханічні властивості отриманих оптимальних складів жаростійких в'язучих речовин (склади 5, 6, 9 таблиця 1) результати яких наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Основні термомеханічні властивості жаростійких в'язучих речовин

№ складу	Залишкова міцність	Коефіцієнт лінійного термічного розширення, $\times 10^{-6} \times ^{\circ}\text{C}^{-1}$	Температурна усадка при 1300°C , %
5	88,6	7,3	0,72
6	52,0	6,9	0,71
9	43,9	7,0	0,71
контрольний	50,1	8,5	0,76

Однією з вимог, що висуваються до жаростійкого матеріалу, який працює в режимі наперемінного нагріву і охолодження є підвищення залишкової міцності. Були проведені випробування по визначенню контрольної і залишкової міцності розроблених складів жаростійких матеріалів і їх міцності після 3-ох діб тверднення в нормально-вологих умовах та після сушки і випалу при температурі 400, 600, 800, 1000 і 1300°C . Кінетика набору міцності жаростійких матеріалів аналогічна кінетиці набору міцності жаростійких в'язучих. Результати випробувань наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Термомеханічні властивості жаростійких матеріалів

№ складу матеріалу	Межа міцності при стиску, МПа після:							Залишкова міцність, %
	3-ох діб тверднення	Сушіння до температури 110°C	Випалу при температурі, °C					
			400	600	800	1000	1300	
5	20,5	18,6	14,8	13,8	7,8	8,6	9,9	38,1
6	22,4	20,0	15,0	10,2	11,2	11,8	12,8	50,0
9	19,1	16,8	11,6	10,8	10,8	11,6	12,5	56,5
контрольний	18,9	16,8	14,8	7,8	10,0	10,6	11,5	52,9

Результати визначення коефіцієнту лінійного термічного розширення, температурної усадки, термічної стійкості та вогнетривкості наведено у таблиці 4.

Таблиця 4

Коефіцієнт лінійного термічного розширення, температурна усадка, термічна стійкість та вогнетривкість жаростійких матеріалів

№ складу	Коефіцієнт лінійного термічного розширення, $\times 10^{-6} \times ^\circ\text{C}^{-1}$	Температурна усадка при 1300°C, %	Термічна усадка, водних теплових змін	Вогнетривкість, °C
5	4,90	0,61	19	1470
6	4,50	0,60	25	1490
9	4,60	0,60	24	1480
контрольний	6,45	0,65	10	1520

Був також визначений клас за гранично допустимою температурою застосування жаростійких матеріалів який складає И13, тобто гранично допустима температура застосування 1300°C.

Проведене впровадження розроблених складів жаростійких матеріалів у вигляді футерувальних блоків на ПАТ «Житомирському комбінаті силікатних виробів». Строк експлуатації такої футерівки для печей випалу вапна до капітального ремонту 3,5-4 роки.

Література

1. Кравченко И.В. Глинозёмистый цемент / И.В. Кравченко. - М.: Стройиздат, 1961. – 176 с.
2. Кузнецова Т.В. Глинозёмистый цемент / Т.В. Кузнецова, И. Талабер. - М.: Стройиздат, 1988. – 87с. – ISBN 5-274-00217-X.

3. Чебуков М.Ф. Глинозёмистый цемент / М.Ф. Чебуков. - ГОНТИ, 1938. – 125 с.
4. Некрасов К.Д. Жаростойкие бетоны / К.Д. Некрасов. - М.: Стройиздат, 1976. – 42-57 с.
5. Инструкция по технологии приготовления жаростойких бетонов СН 156-79. М.: Стройиздат, 1979.
6. Мельников Ф.И. Жаростойкие бетоны на быстротвердеющих цементах // Бетон и железобетон / Ф.И. Мельников, Н.П. Жданова, 1972. - №2. – С. 5-7.
7. Пащенко О.О. В'яжучі матеріали: підручник / Пащенко О.О., Сербін В.П., Старчевська О.О. - К.: Вища школа, 1995. – 414 с. – ISBN 5-11-004171-7.
8. Дворкин О.Л. Проектирование составов бетона. Основы теории и методологии / О.Л. Дворкин. - Ровно: УГУВХП, 2003. – 266 с.
9. Вознесенский В.А. Современные методы оптимизации композиционных материалов / В.А. Вознесенский. - К.: Буддвельник, 1983. – 144 с.

ФУТЕРОВКА ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТОВ ИЗ ЖАРОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГЛИНОЗЁМИСТОГО ЦЕМЕНТА

Е. Ю. Якуш

В статье приведены результаты исследований жаростойких вяжущих и материалов на их основе для футеровки тепловых агрегатов. Проведен выбор оптимальных составов жаростойких вяжущих и исследовано их основные термомеханические свойства. Также проанализированы термомеханические свойства полученных жаростойких материалов. В условиях действующего производства осуществлено внедрение футеровочных блоков печей обжига извести.

LINING-UP OF THERMAL AGGREGATES FROM HEAT-RESISTANT MATERIALS ON BASIS OF ALUMINA CEMENT

Eugen I. Iakush

In the article the brought results over of researches heat-resistant astringent and materials on their basis for enwall of thermal aggregates. An optimal selection of heat-resistant astringent and investigated their main thermomechanical properties. Thermomechanical properties of the got heat-resistant materials are also analysed. In the conditions of operating production introduction of the refractory-lined blocks of stoves of burning of lime is carried out.