



Якуш Є.Ю.

Якуш Є.Ю., канд. техн. наук, асистент кафедри будівельних матеріалів,  
Київський національний університет будівництва та архітектури (КНУБА), м. Київ, Україна

## УТИЛІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЖАРОСТІЙКИХ БЕТОНІВ НА ОСНОВІ РІДИННОГО СКЛА

У статті приведені результати випробувань жаростійких бетонів і визначенні їх контрольні і залишкові міцності, а також встановлено вплив силікатного модуля і густини рідинного скла на показники міцності.

Всебічне використання вторинних матеріальних ресурсів і, перед усім, промислових відходів, є найважливішою задачею. Вирішення її дозволяє забезпечити, і особливо будівництво, багатим покладом дешевої і підготовленої сировини, призводить до економії капітальних вкладень і тепла.

Одним з найбільш перспективних напрямків утилізації виробничих відходів є використання їх у виробництві будівельних матеріалів.

Перші дані про використання жаростійких бетонів відносяться до 30 років 20 ст. Це були перші спроби заміни вогнетривів жаростійкими бетонами. Систематичне вивчення жаростійких бетонів було почато у 1942 році проф. Некрасовим К.Д., з 1946 року почалось широке використання жаростійких бетонів на портландцементі і рідинному склі у різних сферах промисловості. Також і в наш час проводяться експериментальні і теоретичні дослідження дії високих температур на жаростійкі бетони, йде пошук нових методів збільшення їх жаростійкості і розробляються нові види бетонів. Крім цього проводяться експериментальні і теоретичні дослідження конструкцій, що використовуються у теплових агрегатах.

За даними закордонної преси, стійкість елементів з жаростійкого бетону у порівнянні з вогнетривами збільшується у 1,5-2 рази, а економія вартості матеріалів і трудових витрат складає 60%.

Потрібно відмітити, що у закордонному будівництві жаростійкі бетони виготовляють на досить дорогих в'язучих. У нашій державі розроблені склади бетонів з температурою служби від 350 до 1350°C з використанням порівняно дешевих в'язучих: портландцементу, рідинного скла. При цьому у нашому будівництві простежується тенденція до виробництва крупних блоків [3].

Кафедрою будівельних матеріалів КНУБА проводиться велика науково-дослідна робота по використанню виробничих відходів для отримання нових будівельних матеріалів. Одним з таких напрямків є отримання жаростійких бетонів, що мають підвищену довговічність, забезпечують індустриальні методи будівництва і виготовлені з мінімальними енерговитратами та собівартістю. Не дивлячись на це, заміна дрібноштучних вогнетривких виробів жаростійкими бетонами здійснюється у наш час недостатніми темпами і не перевищує 10% від об'єму футерівки теплових агрегатів. Однією з причин низьких темпів використання жаростійких бетонів є відсутність випуску нових видів цементів і інших компонентів бетону на основі місцевих недефіцитних матеріалів. В цьому плані особливо ефективно використання жаростійких бетонів на основі продуктів шлакопереробки відходів феросплавних виробництв [1, 2].

Самим перспективним шляхом вибору оптимального складу жаростійкого бетону є дослідження по виготовленню і застосуванню жаростійких бетонів на основі місцевих матеріалів і відходів промисловості.

Металургійні комплекси є найбільшим споживачем жаростійких бетонів і вогнетривів. Крім того, металургія щорічно у

великих кількостях видає побічний продукт у вигляді відходів – металургійного шлаку.

Шлаки виробництва феромарганцю, силікомарганцю, доменного феромарганцю характеризуються високою міцністю, вогнетривкістю, термічною стійкістю і іншими властивостями, які вказують на можливість застосування їх в якості заповнювачів жаростійких бетонів та тонкомелених добавок до в'язучих речовин [4].

Строк експлуатації футерівки теплових агрегатів з жаростійких бетонів залежить від багатьох факторів. Термомеханічні властивості жаростійкого бетону визначається за видом застосованих в'язучих, тонкомелених добавок, заповнювачів. Для забезпечення властивостей жаростійкого бетону необхідно підібрати його оптимальний склад. Відмітимо, що основною задачею при виборі складу жаростійкого бетону є визначення оптимального співвідношення між дрібним і крупним заповнювачем для забезпечення мінімальної витрати в'язучого і отримання жаростійкого бетону мінімальної пористості. Відомо, що крупний заповнювач в бетоні грає роль матриці, а міжзернова пустотність заповнюється дрібним заповнювачем і зв'язуючим. Тому у разі використання заповнювачів, що мають близьку за значенням пустотність, при використанні в якості в'язучого рідинного скла витрати дрібного і крупного заповнювачів не зміняться.

Головною властивістю жаростійких бетонів, що впливає на фізико – механічні властивості є температурний коефіцієнт лінійного розширення. Відомо, що однією з причин зниження міцності бетону при першому нагріві є додаткові напруження, що виникають при знакоперемінних деформаціях.

Крім того, показник лінійного коефіцієнта термічного розширення необхідно враховувати при виготовленні футерівки теплових агрегатів. Для цього в залежності від величини цього коефіцієнту в футерівці роблять температурні шви, котрі сприймають теплове розширення футерівки.

Відомо, що усадочні тріщини в жаростійких бетонах на рідинному склі протікають тільки в процесі тверднення і сушки до 300 °C.

Однією з найголовніших характеристик жаростійкого бетону є термічна стійкість, яка вказує на властивість матеріалу витримувати без руйнувань циклічний вплив нагріву і охолодження. Градієнт температур в бетоні, що виникає при різкому його нагріві і охолодженні, обумовлює появу в ньому напружень і викликає утворення тріщин. Це призводить до втрати міцності бетону і в кінцевому випадку викликає його руйнування.

Жаростійкі бетони на рідинному склі відрізняються високою термічною стійкістю, біля 40 водних теплотзмін. Результати наукових досліджень показують, що термічна стійкість жаростійких бетонів залежить від компоненту, що входить до складу в'язучих і виду заповнювача [5].

Контрольна і залишкова міцність жаростійких бетонів визначається складом вихідних компонентів, питомою поверхнею тонкомеленої добавки, силікатним модулем і густиною рідинного скла. Для забезпечення найвищих властивостей жаростійкого бетону, що складаються з даних компонентів, необхідно підібрати оптимальний склад. Тому була поставлена задача дослідити кількісну залежність міцності на стиск після сушки і нагріву до 800 °С.

Контрольна і залишкова міцність залежить від багатьох факторів. Тим не менш було встановлено, що вирішальне значення на міцнісні властивості діє витрати рідинного скла. За даними наукових досліджень видно, що міцність бетонів на стиск після нормального тверднення залежить від виду застосованого заповнювача [6].

Для розробки рецептур жаростійкого бетону використовувались такі матеріали:

- рідинне скло;
- тонкомелена кварцитова добавка;
- кварцитовий пісок;
- кварцитовий щебінь;
- саморозпадний шлак виробництва металічного марганцю (ШСММ).

В'яжучим компонентом жаростійкого бетону є рідинне скло і ШСММ та тонкомелена кварцитова добавка. Використовують рідинне скло з силікатним модулем 2.6 і середньою густиною 1300...1350 кг/м³. Питома поверхня тонкомеленої кварцитової добавки  $S_{\text{пит}} = 340 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Насипна густина кварцитового щебеню – 1450 кг/м³, істина густина – 2740 кг/м³, вогнетривкість 1750 °С. Питома поверхня ШСММ – 200 м²/кг, істина густина 3150 кг/м³.

Були проведені дослідження по визначенню міцності жаростійких бетонів в залежності від силікатного модуля і густини рідинного скла та кількості тонкомеленої кварцитової добавки. Результати яких представлені у таблицях 1, 2, 3.

Проводячи аналіз отриманих результатів робимо наступні висновки:

1. Тонкомелена добавка ШСММ підвищує міцність жаростійкого бетону на рідинному склі після нагріву до температури 800 °С. Встановлено, що силікатний модуль, густина рідинного скла впливають на залишкову міцність.
  2. Гранично допустима температура застосування жаростійкого бетону 1350 °С, клас бетону В10...В20, залишкова міцність не менше 130%.
  3. Збільшення кількості тонкомеленої кварцитової добавки призводить до підвищення залишкової міцності бетонів а оптимум становить 30%.
  4. Термостійкість 15...20 водних теплотзмін.
  5. Усадка жаростійких бетонів на рідинному склі після нагріву до максимально – допустимої температури застосування складає 0.44 – 0.57 %.
- Футерівка печей випалу вапна, що виготовляється з жаростійкого бетону на рідинному склі і кварцитових заповнювачах, найбільш повно відповідає вимогам щодо забезпечення високих строків експлуатації. Розроблений кафедрою будівельних матеріалів КНУБА склад жаростійкого бетону впроваджений на Житомирському комбінаті силікатних виробів. Експлуатація конструкцій показала, що тріщиноутворення в першу чергу відмічається у торцевих блоках, що піддаються найбільш сильній дії вогню, механічним пошкодженням і різким перепадам температур від 20 до 1350 °С. Строк експлуатації таких виробів 3.5-4 роки, капітальний ремонт проводять 1 раз на 4 роки.

Таблиця 1.

Силікатний модуль рідинного скла	Рст через 7 діб нормального тверднення, МПа	Міцність при стиску, МПа після термообробки зразків при T, °C	
		100	800
2.89	3.3	33.3	69.0
2.7	3.8	30.6	71.0
2.6	5.0	29.3	71.3
2.5	4.8	28.0	71.7

Таблиця 2.

Середня густина рідинного скла, кг/м³	Рст через 7 діб нормального тверднення, МПа	Міцність при стиску, МПа після термообробки зразків при T, °C		Залишкова міцність, %
		100	800	
1400	4.1	26.7	37.4	140
1350	5.0	24.7	46.9	190
1300	6.4	23.3	32.2	138
1200	5.8	16.7	24.4	146

Таблиця 3.

Вид тонкомеленої добавки	Кількість добавки, %	Міцність при стиску, МПа після		Залишкова міцність, %
		Висушування	Випалювання при t=800 °C	
Кварцит	20	32.0	10.2	32.0
	30	30.2	11.8	39.0
	40	27.8	10.0	36.0
	50	23.0	6.9	30.0

Література:

1. Фомичёв Н.А. Жаростойкие бетоны на основе металлургических шлаков. – М.: Стройиздат, 1972. – с. 42.

2. Тарасова А.П., Блюсин А.А. Жаростойкие бетоны на жидком стекле со шлаками феросплавных производств. – В. кн.: Жаростойкие бетоны. М., 1964. – с. 65.

3. Сасса В.С. О повышении температуры применения жароупорного бетона на жидком стекле. Жароупорный бетон и железобетон в строительстве. – М.: Госстройиздат, 1964 г.

4. Дибров Г.Д. Шпирько Н.В., Козубов В.Г. Жаростойкие вяжущие на отходах промышленности. – В кн.: Решение проблемы охраны окружающей среды путём использования отходов промышленности в композиционных материалах: Тез. докл. Пенза, 1983. – с. 31.

5. Огнеупорные бетоны в тепловых агрегатах Илюхин Б.И., Ильченко В.П, Ядрищенская Т.П. и др. – Донецк, 1969. – с. 83.

6. Огнеупорные бетоны. Справочник Замятин С.Р., Пургин А.К, Хорошавин Л.Б. и др. – М.: Металлургия, 1982. – с. 24.