

ВОГНЕТРИВКІ БЕТОНИ НА ЦЕМЕНТАХ ІЗ ЗАЛІЗОВМІСНИМИ ШЛАКАМИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Можливість застосування доменних шлаків в якості заповнювачів для отримання жаростійких бетонів оснований на тому, що при нагріванні до температури 800°C шлаки мають більш високу міцність, ніж портландцемент і традиційні наповнювачі. У той же час шлакові заповнювачі в 1,2-2 рази дешевші за природні і потребують значно менших фінансових витрат. Застосування шлакових заповнювачів для одержання жаростійких бетонів дозволить виготовляти жаростійкі конструкції з високими експлуатаційними характеристиками. Крім того, використання відходів металургійного виробництва доменних шлаків покращує екологічну обстановку, також є актуальним рішенням рециклінга.

Ключові слова: доменні шлаки; жаростійкий бетон; заповнювачі.

Abstract

The possibility of using blast furnace slag as aggregates for the production of heat-resistant concrete is based on the fact that when heated to a temperature of 800° C, the slags has a higher strength than Portland cement and traditional fillers. At the same time, slag aggregates are 1.2–2 times cheaper than natural ones and require significantly lower financial costs. The use of slag aggregates for the production of heat-resistant concretes will make it possible to produce heat-resistant structures with high operational characteristics. The use of metallurgical waste in the form of blast furnace slag improves the environmental situation.

Keywords: blast furnace slags; heat-resistant concrete; fillers.

Вступ

Одними з основних відходів металургійної промисловості є доменні шлаки, які у відвалах займають сотні гектарів землі, забруднюючи навколишнє середовище. Утилізація відходів металургійної промисловості є актуальною економічною та екологічною проблемою у всьому світі. Шлаки характеризуються відносно постійним хімічним складом [1-2]. У нашій країні в промисловості будівельних матеріалів використовується лише близько 20% доменних шлаків, тоді як у високорозвинених країнах до 90% [3].

Використання доменних шлаків у виробництві різних видів будівельних матеріалів є актуальним завданням, оскільки це дає можливість отримувати матеріали з цілим рядом специфічних властивостей, значно знижуючи матеріало- та енергоємність виробництва [4].

Результати дослідження

Жаростійкі бетони застосовуються для виготовлення несучих будівельних конструкцій, що працюють в умовах підвищених та високих технологічних (експлуатаційних) температур. Застосування жаростійких бетонів дозволяє значно скоротити терміни будівництва та ремонту теплових агрегатів, знизити собівартість та трудомісткість робіт [5].

Основні складові доменного шлаку – кварц, оксиди алюмінію, кальцію та магнію, на які може припадати 85-90% всього складу шлаку. Інші 15–10% можуть включати марганець, сполуки заліза та сірки, домішки інших елементів. Однак слід зазначити, що основні оксиди, що входять до складу шлаку, не зустрічаються у вільній формі [6-7]. У доменному шлаку, охолодженому повітрям, оксиди об'єднуються в різні силікати та алюмосилікатні мінерали, такі як меліліт, мервініт, волластоніт та ін. [8-9]. У подрібненому та меленому шлаках дані елементи присутні у вигляді скла.

Маючи подібну хіміко-мінералогічну природу з портландцементом, доменні шлаки, реагуючи з гідроокисом кальцію, забезпечують гарне зчеплення цементного каменю із заповнювачем, високу міцність та підвищену довговічність бетону [10-11].

Хімічний склад шлаків варіюється в деяких межах, залежно від сировини, що завантажується в доменну піч [12-14]. Тому застосування доменного гранульованого та подрібненого доменних шлаків

як заповнювачі для жаростійких бетонів заданої якості вимагає проведення спеціальних досліджень щодо підбору складів бетонів та випробувань спеціальних властивостей.

При нагріванні залізобетонних конструкцій деструктивні процеси протікають не тільки у цементному камені, а також у заповнювачах. Звичайні силікатні та карбонатні заповнювачі використовуються для виготовлення важких бетонів, що працюють у умовах дії температури не вище 200°C. Заповнювачі для жаростійких бетонів з температурою застосування понад 200°C не повинні руйнуватися при тривалій дії високих температур та не повинні бути джерелом внутрішніх напружень у структурі конструкцій.

Для розробки складів жаростійких бетонів BR P B25 F300 W6, були використані такі сировинні матеріали:

– в'язуче – портландцемент ПЦ 500Д0;

– дрібний заповнювач - шамотний порошок фракції 1-3 мм;

– великий заповнювач – щебінь фракціонований із подрібненого доменного шлаку фракції 10–20 мм з характеристиками: насипна щільність – 1160 кг/м³; міцність – 1000 г/м³; морозостійкість – F200; вміст CaO – 35,5%; вміст SiO₂ – 33,3%; вміст Al₂O₃ – 7,9%; вміст MgO – 10%; вміст сторонніх домішок – 1,4%; суперпластифікатор –Sika Visco Grete 5600SP.

Визначення міцності при стисканні дослідних зразків-кубів проводилося в проектному та проміжному віці після режимів твердіння та сушіння. В таблиці 1 приведені міцність бетону BR P B25 I3 у проміжному та проектному віці.

Міцність бетону у проміжному та проектному віці

Таблиця 1

Вік бетону	Після твердіння в нормальних умовах		Після твердіння в нормальних умовах та висушування при температурі (105±5)°C	
	Міцність на стиск, МПа	Клас бетону	Міцність на стиск, МПа	Клас бетону
2 доби	13,67	—	—	—
17 діб	23,99	—	—	—
28 діб	39	B30	45,8	B35

В таблиці 2 приведені результати досліджень температурної усадки бетону BR P B25 I3

Результати досліджень температурної усадки бетону

Таблиця 2

Розміри, см	Маркування зразка					
	ІЗ-1		ІЗ-2		ІЗ-3	
	До сушки	Після сушки	До сушки	Після сушки	До сушки	Після сушки
a	10	10	10	10,98	10,05	7,02
b	10,11	10,05	10,10	10,07	10,1	7,05
h	10,1	10,04	10,15	10,1	10,2	7,16
Сума вимірів	30,21	31,09	31,25	31,15	31,35	21,23
Усадка (ξ), %	0,6		0,5		0,6	
Середня усадка	0,57%					

Проведені дослідження показали, що мелений подрібнений шлак може бути використаний для одержання жаростійких бетонів із заданими експлуатаційними характеристиками. Доменні шлаки, що вводяться до складу жаростійкого бетону як заповнювач, дозволяють забезпечити необхідні характеристики міцності бетонів. Такі бетони можуть бути використані для типових виробів різного призначення, наприклад для елементів промислових та побутових опалювальних та нагрівальних систем.

Висновки

В результаті проведених досліджень отримано жаростійкий бетон з наступними характеристиками:

- міцність на стиск – клас В35;
- клас бетону за гранично допустимою температурою – ІЗ;
- залишкова міцність після нагрівання до 300°C – 0,6%;
- Коефіцієнт температурної усадки бетону - 0,57%;
- Морозостійкість - F₁₀₀;
- Водонепроникність - W10.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Glovyn, N., et al. Technical, agricultural and physical sciences as the main sciences of human development. International Science Group, 2024.
2. Hladyshev, D., et al. Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions. International Science Group, 2023.
3. Sokolovskaya, O. "Scientific foundations of modern engineering/Sokolovskaya O., Ovsianynkova L., etc–International Science Group." Boston: Primedia eLaunch 528 (2020).
4. Lemeshev, M., et al. Applied, technical and agricultural sciences: introduction of the latest technologies into use. International Science Group, 2024.
5. Demchyna, B., L. Vozniuk, and M. Surmai. "Scientific foundations of solving engineering tasks and problems." (2021).
6. Березюк, О. В., et al. "Перспективи використання техногенної сировини при виробництві композиційних в'язучих." Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. № 2: 36-45. (2022).
7. Kornilo, I., O. Gnyp, and M. Lemeshev. "Scientific foundations in research in Engineering." (2022).
8. Hladyshev, D., et al. Prospective directions of scientific research in engineering and agriculture. International Science Group, 2023.
9. Стаднійчук, М. Ю. "Жаростійкі бетони з використанням відходів металургійної промисловості." Сталый розвиток: 238.
10. Іванов, О. А. Енергоефективні вогнестійкі бетони. Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2025.
11. Стаднійчук, М. Ю. Спеціальні композиційні покриття для захисту металевих конструкцій під час пожежі. Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2022.
12. Іванов, О. А. Композиційний жаростійкий бетон з використанням відходів виробництва. Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2021.
13. Сівак, Р. В. Композиційні металонаповнені бетони спеціального призначення. Харківський національний університет міського господарства імені ОМ Бекетова, 2022.
14. Медведь, Я. О. Спеціальні жаростійкі бетони з використанням промислових відходів. Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2021.

Черепакха Дмитро Вікторович, аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: dmutro.cherepaha@gmail.com

Лемешев Михайло Степанович, к.т.н., доцент, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mlemeshev@i.ua

Cherepakha Dmytro - graduate student of the Department of Construction, Municipal Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, e-mail: dmutro.cherepaha@gmail.com

Lemeshev Mikhail - Ph.D., associate professor of urban planning and architecture, Vinnytsia National Technical University, e-mail: mlemeshev@i.ua