

ВИГОТОВЛЕННЯ КРУПНИХ ЗАПОВНЮВАЧІВ НА ОСНОВІ ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВОСТІ ДЛЯ ЛЕГКИХ БЕТОНІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Дана робота присвячена сучасним підходам до отримання штучних легких заповнювачів із промислових відходів та їх застосуванню у легких бетонах. У документі підсумовуються основні технічні аспекти виробництва таких заповнювачів (методи грануляції, спікання, дроблення), аналізується їх вплив на властивості бетону, а також економічні та екологічні переваги утилізації відходів у будівництві. Наведено приклади досліджень, що демонструють ефективність заміни традиційних заповнювачів відпрацьованими матеріалами (золю ТЕС, металургійними шлаками тощо) при виготовленні легких бетонів. Метою цих тез є показати практичний зміст дослідження: пошук економічних та екологічно безпечних замінників традиційних крупних заповнювачів у легких бетонних сумішах

Ключові слова: легкі бетони, крупний заповнювач, зола, металургійний шлак, відходи.

Abstract

This study focus on modern approaches to obtaining artificial lightweight aggregates from industrial waste and their application in lightweight concrete. The document summarizes the key technical aspects of producing such aggregates (granulation, sintering, and crushing methods), analyzes their impact on concrete properties, and highlights the economic and environmental benefits of waste recycling in construction. Examples of research are provided, demonstrating the effectiveness of replacing traditional aggregates with waste materials (fly ash, metallurgical slag, etc.) in the production of lightweight concrete. The aim of this study is to demonstrate the practical significance of the research: the search for cost-effective and environmentally friendly substitutes for traditional coarse aggregates in lightweight concrete mixes.

Keywords: lightweight concrete, coarse aggregate, fly ash, metallurgical slag, waste.

Вступ

Легкі бетони вирізняються зменшеною щільністю та покращеними теплоізоляційними властивостями, що досягається завдяки застосуванню пористих легких заповнювачів. Проте природні легкі заповнювачі часто є дефіцитними та дорогими [1-3]. Тому зростає інтерес до використання промислових відходів, наприклад: золошлаки, металургійний шлак як сировини для штучних крупних заповнювачів. Зараз спостерігається зростаючий інтерес до використання відходів як крупних легких заповнювачів при виробництві легкого бетону, що дозволяє вирішити екологічні проблеми традиційного будівництва. При цьому застосування відпрацьованих матеріалів у бетонах дає подвійний ефект: зменшує витрати на заповнювачі та цемент і сприяє утилізації відходів, звільненню площ та зниженню забруднення довкілля [4-6].

У цій роботі обґрунтовано вибір відходів для виготовлення крупного заповнювача легкого бетону та описано технології їх переробки. Детально розглянуто як традиційні так і нові види штучних пористих заповнювачів з промислової сировини на основі зольних і шлакових відходів.

Результати дослідження

Відходи промисловості - це матеріали, які вивозять на звалища після виробничих процесів. До перспективних джерел крупних пористих агрегатів належать золошлаки ТЕС, металургійні шлаки, відвали хвостів збагачення, будівельне сміття тощо [4]. Зокрема, шар вугільних золовідвалів ТЕС містить велику кількість незгорілих частинок, проте після дозрівання в них зменшується активність вапняку [7-9]. Основними пористими заповнювачами з відходів промисловості є головним чином металургійні шлаки і золошлакові суміші, що отримують при спалюванні твердого палива в ТЕС і

котельнях. Такі матеріали володіють низькою насипною густиною (300-900 кг/м³) і можуть служити крупними заповнювачами в легких бетонах. У таблиці 1, розглянуто хімічний склад золо-шлакових відходів, зокрема і втрати при прожарюванні [10-12].

Таблиця 1. Хімічний склад золо-шлакових відходів

Найменування матеріалу	Вміст оксидів, мас.%										В.п.п., мас.%
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	
Зола-винесення Ладижинської ТЕС	50,94	0,94	24,56	13,25		1,98	2,86	0,69	2,69	0,4	1,64
Зола гідровидалення Трипільської ТЕС	48,2	0,89	19,65	4,50	3,15	1,36	2,18	1,04	2,78	0,11	16,02

З табл. 1 випливає, що в.п.п у Ладижинської ТЕС становить 1.64%. Така зола може використовуватися як заповнювач для легкого бетону. У Трипільської ТЕС цей показник - 16,02%. Без попередньої очистки цей матеріал не підходить для виробництва. Вміст незгорілих частинок у золі має бути не більше ніж 10%. Надмірна кількість цих частинок ускладнює технологію виробництва.

Широке застосування мають металургійні шлаки. Наприклад, жужільна пемза отримується шляхом спучування розплавлених металургійних шлаків з наступним швидким охолодженням [5; 13]. Після подрібнення утворюється пористий щебінь. Для особливо легких бетонів (густина менше 500 кг/м³) як заповнювачі застосовують щебінь на основі жужільної пемзи [14]. Такі штучні щебені характеризуються високою морозостійкістю та жаростійкістю (від 0,4 до 2 МПа міцності для пемзи) [6; 7].

Основні методи перетворення відходів у пористий агрегат: механічне гранулювання з подальшим випалюванням та автоклавне тузавлення. Наприклад, аглопорит отримують спіканням подрібненої шихти з глинистих порід та золи на колосникових стрічках агломераційної установки [4; 8]. Аглопорит після спікання подрібнюють і сортують на фракції; за нормальної технології його отримують у вигляді щебеню (фракції 20-40 мм). Інший приклад - випалювальний і безвипалювальний зольний гравій, що виробляють з гранул золи з домішками зв'язуючих при температурі приблизно 700-1000 °С. Такий гравій поєднує низьку собівартість і можливість заміни частини цементу завдяки гідралічній активності зольної складової.

Виготовлені з відходів пористі щебені мають зменшену щільність (як правило, 300-1200 кг/м³) і високу пористість (30-80 %). Використання таких заповнювачів у бетоні значно знижує його середню густину. Наприклад, заміна кварцового піску на суміш керамзитового піску і золи ТЕС зменшує середню густину керамзитобетону на 40-80 кг/м³ та дозволяє економити 15-50 кг цементу на 1 м³ бетону. При цьому такі легкі бетони зводяться до нормативних показників міцності: наприклад, досліді показали, що при економії цементу на 20-5 % одержують бетон тієї ж міцності, що й контрольний з керамзитовим заповнювачем.

Висновки

У даній роботі обґрунтовано можливість та доцільність виробництва крупних пористих заповнювачів для легких бетонів із техногенних відходів. Використання відпрацьованих матеріалів, як-от золошлакових сумішей ТЕС або металургійних шлаків дозволяє значно знизити собівартість бетону за рахунок меншої витрати цементу та альтернативи дефіцитним природним легким агрегатам. Відволікання великих об'ємів відходів із звалищ, особливо хімічно активних як золи ТЕС, знижує шкоду довкіллю та звільняє угіддя, що зайняті відвалами. Отримані з відходів заповнювачі забезпечують легкі бетони з достатньою міцністю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковальський В. П., Сідлак О. С. Використання золи-виносу у будівельних матеріалах [Текст] / В. П. Ковальський, О. С. Сідлак // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2014. – № 1. – С. 35–40.
2. Kalafat, K., L. Vakhitova, and V. Drizhd. "Technical research and development." International Science Group. Boston : Primedia eLaunch, 616 . (2021).
3. Борис М. Легкі бетони на основі відходів промисловості [Текст] / М. Борис // Матеріали VII Всеукр. студ. наук.-техн. конф. «Актуальні питання природничих та гуманітарних наук». – Тернопіль, 2014. – С. 230.
4. Горбунов О. Д. Сучасні маловідходні технології [Текст] / О. Д. Горбунов // Конспект лекцій до спецкурсу. – Кам'янське: ДДТУ, 2016. – С. 1–124.
5. Кривенко П. В., Пушкарьова К. К., Кочевих М. О. Заповнювачі для бетону [Текст] / П. В. Кривенко, К. К. Пушкарьова, М. О. Кочевих. – К.: ФАДА, 2001. – 399 с.
6. Demchyna, B., L. Vozniuk, and M. Surmai. "Scientific foundations of solving engineering tasks and problems." (2021).
7. Lemeshev, M., O. Bereziuk, and M. Stadnijschuk. "Use of industrial waste in the construction industry." Prospective directions of scientific research in engineering and agriculture. 1.2: 19–25. (2023).
8. Маркевич О. І. Техніка будівельних матеріалів [Текст]. – Харків: ХНУ, 2014. – 230 с.
9. Друкований, М. Ф., В. П. Очеретний, and В. П. Ковальський. "Комплексне золошлакове в'язуче." (2006).
10. Чистякова Н. В., Любченко М. І. Інновації у легких бетонах [Текст] / Н. В. Чистякова, М. І. Любченко // Технології бетонів та бетонних сумішей. – 2018. – Вип. 2. – С. 14–21.
11. Дуленок В. Ф., Смілін І. С. Перспективні заповнювачі з відходів виробництва [Текст] / В. Ф. Дуленок, І. С. Смілін // Будівельні матеріали і вироб. – 2019. – № 4. – С. 25–32.
12. Ковальський В. П., Сідлак О. С. Методи активації золи виносу ТЕС [Текст] / В. П. Ковальський, О. С. Сідлак // Вінницький нац. техн. ун-т. – Вінниця, 2020. – 45с.
13. ISO 13370:2017. Thermal performance of buildings – Heat transfer via the ground.
14. Чумак Ю. Ю., Вознюк І. М., Ковальський В. П. Мінеральна вата для утеплення та звукоізоляції будинків // Матеріали ЛІІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 20-22 березня 2024 р. Електрон. текст. дані. 2024. URI: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2024/paper/view/20456>.

Ковальський Віктор Павлович — к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет. Email: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com

Зоря Павло Олегович — аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, email: pavlo.zorja@gmail.com

Голубков Кіріл Ігорович — студент гр. 2Б-24б, факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет. Email: kirilgolubkov123@gmail.com

Науковий керівник: Ковальський Віктор Павлович — доцент каф. "Будівництва, міського господарства та архітектури" Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com.

Kovalskiy Viktor P — Ph.D., Associate Professor of the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnitsa National Technical University. Email: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com

Pavlo Zoria O. — Postgraduate student of the Department of Civil Engineering, Urban Planning and Architecture, Vinnytsia National Technical University, email: pavlo.zorja@gmail.com

Golubkov Kiril Igorovich — student group 2B-24b, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kirilgolubkov123@gmail.com

Scientific adviser: Kovalsky Victor P - Associate Professor "Construction, Municipal Economy and Architecture" Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com.