

*В.В. Грабовчак, к.техн.н.,
А.В. Вишнеvsька, асистент
(Національний авіаційний університет, Україна)*

Теоретичні передумови ефективного використання цементів та бетонів зі значним вмістом паливних зол у сучасному будівництві

Розглянуто основні методи та підходи до вирішення проблем з використання паливних зол та шлаків. Оскільки використання паливних зол в Україні незначний, і якщо не змінити ставлення державного законодавства та промисловості до цього питання, то це призведе до екологічної катастрофи.

Вступ. Аналіз сучасного виробництва будівельних матеріалів свідчить, що цементна промисловість є однією з найбільших забруднювачів атмосфери. За результатами досліджень екологів, при виробництві 1 тони портландцементу виділяється близько 0,7..0,85 т. вуглекислого газу, також значний вплив має тепло яке виділяється при спалюванні технічного палива, під час теплових процесів утворення клінкеру. При цьому свій внесок в емісію CO₂ вносять як декарбонізація сировини (55...60 %), так і спалювання органічного палива для отримання теплової та електричної енергії. Разом з цим, цементна промисловість є однією з найбільш ресурсо- та енергоємних галузей промисловості. Особливу актуальність дана проблема має для України, оскільки частка мокрого способу виробництва цементу становить 85 %, а витрата умовного палива досягає в середньому 220...230 кг/т клінкеру. В той же час, у світі переважає суха технологія випалу клінкеру, при цьому витрата умовного палива на сучасних закордонних заводах складає 100...110 кг/т клінкеру[1].

Таким чином, враховуючи основні ідеї Концепції Сталого Розвитку і Кіотського протоколу[2-6], портландцемент має бути замінений більш ефективними в'язучими речовинами, які мають меншу енергоємність, але водночас відповідають сучасним вимогам будівельної індустрії. Серед найбільш перспективних напрямків вирішення даної проблеми слід відмітити використання паливних зол для виробництва в'язучих речовин, оскільки ці відходи не енергоємні при підготовці до застосування, мають низьку вартість, а крім того, теплоелектростанції достатньо рівномірно розподілені по всіх регіонах України.

На сьогоднішній день в енергетичному комплексі України значну частину становлять теплові електростанції (ТЕС), які мають істотний вплив на навколишнє середовище. Діяльність даних теплових електростанцій пов'язана з утворенням великої кількості відходів різних класів небезпеки. Як свідчить статистика, зольність видобутого вугілля щороку зростає, в середньому складає близько 26,3...36,2 %, що призводить до зростання кількості золашлаків та золи-винесення з

подальшим накопиченням даних відходів у золовідвалах, які на сьогодні становлять приблизно 400 млн. тон.

Серед головних екологічних проблем, що виникають при утворенні й розміщенні золошлакових відходів (ЗШВ), виділяють наступні:

- нагромадження токсичних елементів у продуктах спалювання вугілля, що призводить до виділення їх в атмосферу;
- розташування золошлаковідвалів поблизу населених пунктів;
- використання на більшості ТЕС технологічного устаткування, що не відповідає вимогам екологічної безпеки;
- низький відсоток утилізації золошлакових відходів в Україні.

Стан наукових досліджень. З розвитком сучасного будівництва в Україні виробництво цементу у 2019р становило близько близько 9,2 млн тонн. Тому зростання випуску цементу в Україні із застосуванням сучасних енергоефективних технологій дає можливість наблизити нас до європейських стандартів.

Аналіз сучасного стану використання золошлакових відходів для отримання будівельних матеріалів дозволяє зазначити, що в Україні ступінь використання таких відходів не перевищує 20 % за масою, і якщо не змінити ставлення державного законодавства та промисловості до цього питання, то це створить загрозу виникнення екологічної катастрофи у майбутньому. Оскільки значна кількість паливних зол в Україні залишається некондиційною продукцією, що потребує утилізації. Тому використання даних відходів при виготовленні цементів можна вважати найбільш перспективним напрямком який забезпечить утилізацію паливних зол, зменшення емісії CO₂ при виробництві портландцементу, а також вплине на економіку країни.

Використання золошлакових відходів у складі будівельних матеріалів дозволяє отримувати вироби з покращеними експлуатаційними властивостями, зокрема, з підвищеною корозійною стійкістю та міцністю, що позитивно позначається на підвищенні їх довговічності. Заміна частини клінкеру (найбільш енергоємної складової цементу) золою-винесення теплових електростанцій вносить позитивний вклад в збереження природних ресурсів, тобто зменшує викиди шкідливих речовин в атмосферу.

За даними науково-дослідних організацій, виробництво бетонів і розчинів може у перспективі споживати щороку близько 30 млн. тон золи і золошлаків або навіть весь вихід шлаків ТЕС. Проте наразі у виробництві бетонів використовується менш 0,5 млн. тон золи на рік, це зумовлено в першу чергу нестійким хіміко-мінералогічним складом паливних зол, що негативно впливає на міцнісні показники штучного каменю, особливо на ранніх етапах тверднення.

Застосування паливних зол та шлаків у складі цементів давно отримало наукове обґрунтування та практичне підтвердження. Аналізуючи наукові роботи вітчизняних і закордонних вчених (Глуховського В.Д., Кривенка П.В., Пушкарьової К.К., Саницького М.А., Гоца В.І., Чиркової В.В., Соболь Х.С., Волженського А.В., Сергєєва А.М., Сіверцева Г.Н., Рябової А.Г., Плохія В.П., Паломо А., Фернандез-Хіменес А., Малхотри В., Мехті П., Шквари Ф., Девентера Я. та інших вчених) було встановлено вплив багатьох факторів на

формування структури і властивостей штучного каменю з використанням паливних зол. Однак, основною метою науковців було розроблення складів в'язучих речовин зі значним вмістом паливних зол, за рахунок підвищення активності пуцоланової складової чи поліпшення мікро- і мезоструктури бетонів на основі золовмісних цементів. Дані дослідження показали можливість отримувати цементи із вмістом паливних зол в межах 30...80 % за масою які характеризуються високими показниками ранньої міцності, експлуатаційними властивостями, що актуально на сьогоднішній день при стрімкому розвитку технологій будівництва.

На сьогоднішній день в Україні почали активно використовувати золу-винесення при таруванні цементу, так за даними Української асоціації підприємств майже 26% становлять продажі фальсифікованого цементу, за результатами аналізу інших експертів - до 50% цементу від загального об'єму його продажу [9]. Основними споживачами цементу є малі фірми та індивідуальні забудовники, яким складно оцінити марочну міцність цементу. В таких випадках при фасуванні цементу до його складу вводять неконтрольовані та неперевірені в лабораторних умовах золошлакові відходи. Пріоритетним напрямком для промисловості будівельних матеріалів є залучення у виробництво цементів золи-винесення як основного компоненту, що сприятиме утилізації відходів, забезпечить екологічність, економічність, технологічність та довговічність, а також зниження енергоємності при виготовленні конструкцій різного функціонального призначення.

Метою проведених досліджень є аналіз ефективного застосування лужних золовмісних цементів та бетонів на їх основі для сучасного будівництва.

Сировинні матеріалів та методи досліджень. Золи теплоелектростанцій мають різний хімічний склад залежно від типу вугілля яке використовують. Золи, отримані від вугілля горючих сланців, менш кислі, ніж золи спалювання кам'яного чи бурого вугілля. Тому було використано декілька видів паливних зол українських ТЕС, доменний гранульований шлак, та портландцемент типу ПЦ І-500, хімічний склад компонентів наведено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Хімічний склад сировинних матеріалів

Матеріал	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	в.п.п %
Зола Ладжинської ТЕС	51,08	24,8	13,67	3,12	1,50
Зола Трипільської ТЕС	46,87	13,79	13,17	3,89	14,6
Зола Бурштинської ТЕС	52,95	22,29	16,12	1,53	0,16
Зола Зміївської ТЕС	39,99	13,85	12,86	3,54	21,9
ПЦ І-500	23,4	5,17	4,12	64,13	0,20
Шлак	40,0	5,91	0,32	46,98	-

В даних дослідженнях були розглянуті важкі бетони на основі лужних золовмісних цементів класифіковані за [10] як лужний пуцолановий цемент

ЛЦЕМ III, лужний композиційний цемент ЛЦЕМ V. Лужні цементи готували окремих помелом золи, шлаку та змішуванням всіх компонентів з додаванням лужного компоненту та пластифікуючої добавки у кульовому млині. Основний склад лужних золівмісних цементів наведено в таблиці 2.

Результати досліджень. Наукові дослідження [11] показали можливість отримувати лужні золівмісні цементы із міцністю на 28 добу тверднення в нормальних умовах в межах 36,1МПа...54,1МПа, в яких як кальційміщущий компонент використовували портландцемент і доменний гранульований шлак. Було отримано цементы з вмістом золи Ладжинської ТЕС 60...80 %, міцнісні характеристики і строки тужавлення яких наближені до аналогічних показників портландцементу з вмістом портландцементного клінкеру 80 % за масою [11]. Порівняння основних фізико-механічних властивостей цементів виготовлених на основі різних паливних зол показали, що інтенсивність набору міцності залежить від кількості невипаленого вугілля. Також на показники міцності впливає вміст оксидів алюмінію та кремнію ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$). Цементи, отримані на паливних золах з найвищим вмістом оксидів алюмінію та кремнію ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$), характеризуються міцністю на 7 добу тверднення в нормальних умовах близько 25,18МПа, а на 28 добу - 44,23 МПа (марки М300 та М400) [11].

Висновки. Отже, враховуючи сучасні тенденції розвитку будівництва, які ведуть до зростання обсягів використання цементів та бетонів на їх основі, розвиток електроенергетики в Україні, який приведе до збільшення золошлакових відходів, можна вважати, що паливні золи є важливим компонентом для виробництва енергоефективних матеріалів.

Використання значної кількості золи-винесення при виробництві лужних цементів, забезпечить економію енергетичних і сировинних на стадії виробництва матеріалів, покращить екологічне становище шляхом утилізації відходів промисловості.

Важкі бетони, отримані на основі лужних золівмісних цементів, характеризуються високими міцнісними і експлуатаційними характеристиками, що дає можливість використовувати їх для сучасного будівництва.

Список літератури

1. Wolter F/ Belite cements and low-energy clinker // Cement international. – 2005. – №6. – P. 106–117
2. Glavind M. Sustainable Concrete Structures: A Win-Win Situation for Industry and Society / M. Glavind D. Mathiesen, C. V. Nielsen // In: Achieving Sustainability in Construction: Proceed. Internat. Congress “Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities”. – Dundee, 2005. – P. 1-14.
3. Harrison, J. The Role of Concrete Post Kyoto: The Unrecognized Sequestration Solution / J. Harrison // In: Achieving Sustainability in Construction: Proceed. Internat. Congress “Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities”. – Dundee, 2005. – P. 426-438.

4. Naik T. R.: Sustainability of Cement and Concrete Industries/ T. R. Naik // In: Achieving Sustainability in Construction: Proceed. Internat. Congress "Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities". – Dundee, 2005. – P. 141-150.

5. Reiner M. Green Buildings and Fly Ash Concrete – The Commerce City, Colorado Project / M. Reiner, K.L. Rens, A. Ramaswami // In: Achieving Sustainability in Construction: Proceed. Internat. Congress "Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities". – Dundee, 2005. – P. 111-118.

6. Mehta P. K. Role of Fly Ash in Sustainable Development / P. K. Mehta // In: Concrete, Fly Ash and the Environment Proceedings. – 1998. – P. 13-25.

7. Гоц В. І. Ефективні будівельні матеріали та вироби на основі активованих паливних зол і шлаків: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня док. техн. наук: спец. 05.23.05 "Будівельні матеріали та вироби" / В. І. Гоц.; КНУБА. – Київ, 2009. – 36 с.

8. Krivenko P. V. Fly Ash Based Alkaline Cements Application: Proceeding of 2007 - Intern. Conf. ["Alkali Activated Materials – Research, Production and Utilization"] / P. V. Krivenko, G. Yu. Kovalchuk. – Prague, 2007. – P. 313-332.

9. Рябова А.Г. Шлакощелочные вяжущие и бетоны на основе зол, шлаков и золошлаковых смесей тепловых электростанций: автореф. дисс. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец 05.23.05 / А.Г. Рябова; КИСИ. – Киев, 1968. – 19 с.

10. ДСТУ Б В. 2.7. 181:2009. Цементи лужні. Технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 11 с.

11. Грабовчак В.В. Лужні золівмісні цементы та бетони на їх основі автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.05 "Будівельні матеріали та вироби" / В.В. Грабовчак.; КНУБА. – Київ, 2013. – 23с.