

ЗАСТОСУВАННЯ ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БУДІВЕЛЬНОЇ КЕРАМІКИ

Наразі в Україні майже 70 % електроенергії виробляють 15 найбільших теплових електростанцій (ТЕС), робота яких супроводжується багатьма екологічними проблемами для довкілля. В першу чергу, це відходи, що забруднюють навколишнє середовище, перевищуючи всі допустимі норми вмісту завислих речовин у повітрі. Крім того відходи майже всюди зберігаються на прилягаючих територіях у відкритому вигляді на промислових майданчиках без використання засобів пиловловлення, а в деяких випадках і на родючих землях, зменшуючи таким чином площі для землекористування.

Згідно з статистичними даними, на ТЕС України щорічно утворюється більше 15 млн. т золошлакових відходів, а загальна кількість їх у відвалах складає більше 250 млн. т [1]. Обсяг виробництва золошлакових відходів у світі в 2000 р. сягав 480 млн. т, у теперішній час це майже 600 млн. т [2]. Тому актуальним залишається пошук шляхів їх іммобілізації з метою зменшення негативного впливу на довкілля.

Застосування керамічних матеріалів забезпечує абсолютно унікальне поєднання довговічності будівельних конструкцій, їх високих теплозахисних властивостей з дотриманням оптимального режиму вологості житлових приміщень. Ці властивості кераміки забезпечуються завдяки використанню природних глинистих сировинних матеріалів.

При виробництві будівельної кераміки глиниста сировина практично не застосовується у чистому вигляді. Як домішки використовують різні матеріали, що покращують формувальні або сушильні властивості, підвищують міцність і морозостійкість, покращують колір виробів і умови випалу. Для підвищення якості випалу найчастіше використовують золи ТЕС, шлаки, вугілля тощо [3].

У даній роботі вивчена можливість застосування золи Придніпровської ТЕС як опіснючої і вигоряючої домішки.

Золошлакові відходи, що утворюються в результаті спалювання вугілля, мають різний склад, структуру і властивості. Як правило, золошлакові відходи містять 35 % шлаку і 65 %



І.С. Суббота

доцент кафедри хімічної технології кераміки та скла Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», к.т.н., доцент



Л.М. Спасьонова

доцент кафедри хімічної технології кераміки та скла Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», к.х.н., доцент



Т.І. Булка

асистентка кафедри хімічної технології кераміки та скла Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»



М.І. Токова

студентка кафедри хімічної технології кераміки та скла Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

пилородючої золи і складаються з SiO_2 , Al_2O_3 , FeO . Крім мінеральних речовин вони містять і органічну складову, що дає змогу використовувати їх у виробництві керамічної цегли як домішки, що збільшує тріщиностійкість виробів. Золошлакові відходи можуть також використовуватися як опіснючі та вигоряючі домішки [2].

Мікроскопічне дослідження золи Придніпровської ТЕС показало, що до її фазового складу входять глинисті агрегати в кількості 22 %, склоподібна речовина – 50 % і кристалічні фази. Склоподібна речовина золи є продуктом термохімічного впливу на мінеральну частину палива. Її частки, як правило, мають правильну сферичну форму, можуть бути суцільні або порожнисті.

Таблиця 1

Хімічний склад золошлакових відходів Придніпровської ТЕС

Найменування	Склад оксидів, мас. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	K ₂ O + Na ₂ O	SO ₃	Впп
Відходи Придніпровської ТЕС	53,65	20,39	7,21	3,7	1,12	0,77	1,29	1,62	10,25

Таблиця 2

Склади досліджуваних керамічних мас

Компоненти	Склад керамічних мас, мас. %						
	1	2	3	4	5	6	7
Лесоподібний суглинок	97	70	60	50	40	30	20
Золошлакові відходи	3	30	40	50	60	70	80

Склоподібна фаза досліджуваної золи Придніпровської ТЕС неоднорідна і представлена зернами неправильної форми з гострими гранями розміром від 0,3 мм до 10 мм. Значна частина зерен має пори різних розмірів, що утворилися в результаті різкого випаровування при попаданні шлаку в воду. Іноді зустрічаються також великі включення розміром до 40 мм. Жовтуватого кольору склоподібній фазі надають оксиди заліза.

Результати хімічного аналізу показують, що відходи складаються з оксидів: SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, SO₃ (табл.1).

Мінералогічний склад золи Придніпровської ТЕС містить муліт, гематит, магнетит. SiO₂ представлений різними модифікаціями кварцу у вигляді безбарвних кристалів розміром до 0,14 мм. Дрібні зерна кварцу частково оплавлені і мають округлу форму. Насипна об'ємна маса кварцу – 900 кг/м³, щільність – 2180 кг/м³, питома поверхня – 3900 см²/г.

Для можливості використання золошлакових відходів у виробництві цегли вивчалися склади керамічних мас, які наведені в таблиці 2.

Важливою особливістю золошлакових відходів є теплотворна здатність, що дозволяє використовувати їх як паливовмісні матеріали.

Золошлакові відходи, які використовуються для виробництва керамічних матеріалів пластичним способом, мають відповідати таким вимогам:

- вміст сірки в перерахунку на SO₃ повинен бути не більше 2 %;
- вміст палива, що не згоріло, не повинен перевищувати 10 %;
- вміст Al₂O₃ повинен бути не менший 15 %, так як матеріал, що містить менше 15 % Al₂O₃, має низьку міцність [2].

Керамічну масу для досліджень готували методом пластичного формування при вологості 18 % – 22 %. Зразки для досліджень формували на вакуум-пресі, висушували в сушарках протягом 4 годин при відносній вологості 70 % – 75 % за температури 40 °С – 45 °С, потім через кожні 4–5 годин температуру підвищували на 20 °С – 30 °С до закінчення усадки матеріалу. Максимальна температура теплоносія дорівнювала 100 °С – 120 °С [4].

Вироби випалювали в муфельній печі за температури 1050 °С із витримкою 2–4 години за максимальної температури. Охолоджувалися зразки протягом 24 годин [4].

При використанні вигоряючих домішок, якими є золошлакові відходи, важливо виявити вплив їх дисперсності на характеристики міцності керамічних матеріалів. Збільшення дисперсності і температури випалення зразків зменшують розміри пор, що призводить до зменшення щільності і зміни характеристик міцності. Встановлено, що на міцність впливає не тільки дисперсність вигоряючих домішок, а і співвідношення дисперсності вихідної сировини і домішок.

З метою вивчення впливу дисперсності домішок на міцність кераміки досліджували міцність зразків залежно від дисперсності вихідної сировини, дисперсності домішок і температури випалу. Дисперсність вихідної сировини становила менше 1,0; 0,8 і 0,5 мм. Результати досліджень міцності зразків залежно від дисперсності вигоряючих добавок і температури випалення, приведені в таблицях 3–5, свідчать про те, що максимальна міцність характерна для зразків, співвідношення дисперсності вихідної сировини і вигоряючих добавок яких становить 1:1.

На міцність керамічних матеріалів істотно впливає склад шихти, методи формування, режими сушіння та випалення.

Таблиця 3

Міцність зразків на стиск залежно від дисперсності домішок і температури випалення (вихідна сировина з дисперсністю < 1 мм)

Дисперсність	Температура випалу зразків і міцність на стиск, МПа		
	950 °С	1000 °С	1050 °С
3–5 мм	12,6	12,9	13,7
1–3 мм	14,4	14,5	16,8
< 1 мм	13,5	16,7	17,5

Таблиця 4

Міцність зразків на стиск залежно від дисперсності домішок і температури випалу (вихідна сировина з дисперсністю < 0,8 мм)

Дисперсність	Температура випалу зразків і міцність на стиск, МПа		
	950 °С	1000 °С	1050 °С
3–5 мм	5,6	6,9	7,7
1–3 мм	12,4	15,5	13,8
< 1 мм	9,5	12,7	13,5

Таблиця 5

Міцність зразків на стиск залежно від дисперсності домішок і температури випалу (вихідна сировина з дисперсністю < 0,5 мм)

Дисперсність	Температура випалу зразків і міцність на стиск, МПа		
	950 °С	1000 °С	1050 °С
3–5 мм	9,6	9,9	10,7
1–3 мм	6,4	8,5	7,8
< 1 мм	11,5	13,7	13,5

Зі збільшенням температури випалення міцність керамічних матеріалів підвищується. Фізико-механічні показники шихти, цегли-сирцю і випаленої цегли наведені в таблиці 6.

Для порівняння технологічних показників досліджуваних керамічних мас обраний склад під номером 1, який застосовується на підприємствах.

Наведені в таблиці дані засвідчили, що тільки склад за номером 7 практично є непридатним для формування керамічних виробів. Результати дослідження інших складів керамічних мас показали, що їх фізико-механічні властивості не поступаються базовим показникам.

Таблиця 6

Фізико-механічні характеристики досліджуваних керамічних мас

Показники	Номер складу керамічної маси						
	1	2	3	4	5	6	7
Характеристики шихти							
Пластичність	10	18	15	13	11	9	7
Чутливість до сушіння, с	70	110	130	160	190	230	300
Характеристики цегли-сирцю							
Повітряна усадка, %	5,8	5,2	4,8	4,5	4,3	4,2	4,0
Механічна міцність цегли-сирцю (кінцева вологість ≤ 8 %), МПа							
– при вигині	0,8	2,0	1,8	1,5	1,2	0,9	0,7
– при стиску	4,8	10,8	9,6	8,8	5,4	5,0	4,7
Характеристики випаленої цегли							
Механічна міцність, МПа							
– при вигині	2,4	3,8	4,2	4,8	4,3	3,5	2,1
– при стиску	10,4	12,4	13,4	16,8	15,7	13,1	10,2
Морозостійкість, цикли	15	20	25	30	25	20	14
Усадка, %	6,8	6,9	6,8	6,5	6,2	6,0	5,0
Водопоглинання, %	22,5	20,0	19,1	18,8	19,0	20,5	22,8
Щільність, кг/м ³	1880	1990	1880	1740	1700	1540	1380

Показник пластичності досліджуваних керамічних мас трохи вищий, ніж вихідної маси. Виходячи з отриманих даних, наведених у таблиці 3, керамічна маса є помірно пластичною. Збільшення кількості відходів дало змогу знизити чутливість до сушіння і поліпшити їх сушильні властивості. Це позитивно позначилося на повітряній усадці досліджуваних зразків різних складів керамічних мас. Вони стали малочутливими до сушіння, висушування відбувалося без тріщин, і мали незначну повітряну усадку. Знижуючи усадку і покращуючи пластичність керамічної маси шляхом введення золашлакових відходів, вдалося підвищити міцність і морозостійкість керамічної цегли.

Результати досліджень отриманих зразків за водопоглинанням свідчать про їх підвищену пористість, що дає можливість отримати полегшений матеріал із високою звуко- та теплоізоляційною здатністю.

Таким чином, проведені дослідження показали можливість використання золашлакових відходів Придніпровської ТЕС для виготовлення полегшеної якісної керамічної цегли, що

відповідає вимогам до будівельних матеріалів. Використання золи як наповнювача при виробництві керамічних будівельних матеріалів дає можливість вирішувати одну з важливих екологічних задач сьогодення – утилізацію відходів виробництва, що безумовно зменшує навантаження на довкілля та сприяє поліпшенню екологічного стану регіону.

- [1] Хлопицкий А.А., Макаренко Н.П. Перспективы утилизации золошлаковых отходов тепловых электростанций // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. – 2013. – №1 (1).
- [2] Зырянов В.В., Зырянов Д.В. Зола-уноса – техногенное сырье. – М.: ООО ИПЦ «Маска», 2009. – 320с.
- [3] Химическая технология керамики: Учебн. Пособие для вузов / Под ред. проф. И.Я. Гузмана. – М.: ООРИФ «Стройматериалы», 2003. – 496с.
- [4] Практикум по технологии керамики: Учебн. Пособие для вузов / Н.Т. Андрианов, А.В. Беляков, А.С. Власов, И.Я. Гузман, Е.С. Лукин, М.А. Мальков, Ю.А. Мосин, Б.С. Скидан / Под ред. проф. И.Я. Тузмана. – М.: ООРИФ «Стройматериалы», 2005. – 336с.

Надійшла 28.01.2019 р.

ЖУРНАЛ МОЖНА ПЕРЕДПЛАТИТИ У БУДЬ-ЯКОМУ ВІДДІЛЕННІ ДП «ПРЕСА» (передплатний індекс – 98848)

Видавець ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського»

Рекомендовано до друку вченою радою ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського» (протокол № 1 від 04.03.2019 р.)

Адреса редакції та видавця: вул. В. Шимановського, 2/1, Київ, 02125, ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського»
тел. (044) 516-52-85, 543-98-36 e-mail: redakpbis@urdisc.com.ua

Оригінал-макет підготовлений редакцією журналу «Промислове будівництво та інженерні споруди»

Комп'ютерна верстка та дизайн – **Цапро Т.І.**

Дизайн обкладинки – **Артюшенко В.С.**

Підписано до друку 04.03.2019 р. Формат 60 × 84/8. Папір крейдяний. Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 8,1.
Тираж 300 прим.

Віддруковано ТОВ «Поліпрінт», вул. Лугова, 1-А, м. Київ, 04074, тел. 464-17-91
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1250 від 22.02.2003 р.

- * Оформлення, стиль та зміст журналу є об'єктом авторського права і захищається законом
- * Передрук розміщених у журналі матеріалів дозволяється тільки за письмовою згодою редакції
- * Відповідальність за підбір та висвітлення фактів у статтях несуть автори
- * За зміст реклами відповідає подавач
- * Редакція не завжди поділяє думку авторів
- * Редакція залишає за собою право редагувати та скорочувати подані матеріали