

## ТЕХНОГЕННА СИРОВИНА ДЛЯ ОТРИМАННЯ ЦЕМЕНТНОГО КЛІНКЕРУ

Дорогань Н.О.<sup>1</sup>, Черняк Л.П.<sup>2</sup>, Шнирук О.М.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>К.т.н., доц., старший викладач, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

<sup>3</sup>Асистент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

e-mail: 1. [nataliyadorogan@ukr.net](mailto:nataliyadorogan@ukr.net), 2. [lpchernyak@ukr.net](mailto:lpchernyak@ukr.net), 3. [shnyruk@gmail.com](mailto:shnyruk@gmail.com)

**Анотація.** У роботі розглянуто можливість часткової заміни природної сировини техногенними відходами під час отримання цементного клінкеру. Досліджено сировинні композиції на основі крейди та глини родовищ Рівненської області, золи виносу Бурштинської ТЕС та шлаку ПАТ «Запорізький завод феросплавів», склад яких розраховано з використанням комп'ютерної програми «Клінкер». Показано, що введення золи виносу та феросплавного шлаку впливає на хімічний склад, модульні характеристики та швидкість тужавлення матеріалу після випалу за температури 1400 °С. Встановлено, що композиція 11D має раціональніші показники та відповідає характеристикам нормальнотужавіючого в'язучого матеріалу.

**Ключові слова:** цемент, сировина, відходи промисловості, склад, ресурсозбереження.

Цемент є найпоширенішим мінеральним в'язучим матеріалом. Проте його виробництво пов'язано зі значними витратами природної карбонатної та глинистої сировини, родовища якої є вичерпними та невідновлювальними. Це не відповідає сучасним вимогам ресурсозбереження та визначає актуальність досліджень і розробок в напрямку заміни природної сировини відходами промисловості відповідного складу.

Метою даного дослідження став аналіз нових композицій сировинних матеріалів різного генезису для отримання цементного клінкеру за умови заміни частини компонентів природного походження відходами інших галузей промисловості. При цьому об'єктами дослідження стали крейда та глина родовищ Рівненської області, зола виносу Бурштинської ТЕС та шлак ПАТ «Запорізький завод феросплавів».

Основною складовою частиною портландцементу є клінкер, фазовий склад якого формується в процесі випалу сировинної суміші, залежить від її хіміко-мінералогічного складу, способу підготовки, режиму високотемпературної обробки та визначає якісні показники кінцевого продукту виробництва [1,2]. При цьому хімічна технологія виготовлення клінкеру характеризується високою матеріалоемністю, пов'язаною з термічною дисоціацією карбонатів при випалі вихідних сумішей на основі природної сировини, та енергоємністю, пов'язаною з високими витратами теплової енергії при випалі з максимальною температурою понад 1400 °С. Вичерпність і невідновність родовищ природної мінеральної сировини, зростаючі витрати на видобуток та вартість обумовлюють доцільність її заміни на відходи інших галузей промисловості як техногенну сировину.

Відповідно до мети даної роботи нами було розглянуто можливість збільшення об'ємів використання досліджуваних багатотоннажних відходів промисловості як техногенної сировини в складі вихідних сировинних сумішей.

Розрахунки та аналіз складу сировинних сумішей для виготовлення цементного клінкеру проводили з використанням створеної комп'ютерної програми «Клінкер» [3]. Це дозволило оперативно визначити раціональні співвідношення компонентів у вихідній сировинній суміші за заданими значеннями коефіцієнту насичення КН та кремнеземного  $n$  модулю.

Відповідно до мети даної роботи було проведено розрахунки складу досліджуваних сировинних композицій для отримання цементного клінкеру з використанням комп'ютерної програми [3]. На основі аналізу результатів розрахунків для подальшого дослідження було обрано 3-компонентні суміші, що відрізняються різновидами та вмістом відходів інших галузей промисловості (табл. 1).

Таблиця 1 - Склад сировинних сумішей

Код проби	Вміст компонентів, мас. %			
	крейда	глина	зола виносу	
			бурштинська	шлак зап
10D	77,6	19,8	2,6	-
11D	75,9	-	6,1	18,0

Отримані результати рентгенофлуоресцентного аналізу визначають відмінності хімічного складу та відповідно модульних характеристик в'язучого матеріалу після випалу з максимальною температурою 1400 °С (табл. 2). Встановлено, що проба 10D за значенням кремнеземного модуля  $n=1,8$  дещо поступається рекомендованим для цементу  $n=1,9-3,0$ , а проба 11D повністю відповідає при  $n=2,4$ . Значення глиноземного модуля обох проб становлять 2,0-2,2, що відповідає рекомендованим для цементу.

Таблиця 2 – Хімічний склад матеріалу після випалу (1400 °С)

Код проби	Вміст оксидів, %								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
10D	29,86	10,80	5,49	0,45	47,02	0,95	3,67	1,30	0,15
11D	28,48	8,20	3,77	0,30	49,70	1,49	1,74	0,62	0,17

Згідно класифікації ДСТУ Б В.27-91-99 за швидкістю тузавлення після випалу на максимальну температуру 1400 °С проба 11D відносяться до групи нормальнотузавіючих (термін початку від 45 хв. до 2 год), характерними представниками якої вважаються портландцемент, шлакопортландцемент, пуцолановий цемент. Проба 10D відносяться до групи швидкотузавіючих (термін початку від 15 до 45 хв.), характерними представниками якої вважаються ангідритовий і глиноземистий цемент.

## ВИСНОВКИ

Встановлено, що використання золи виносу та шлаку як техногенної сировини дає змогу частково замінити природні компоненти у складі сировинних сумішей для отримання цементного клінкеру. Показано, що композиція 11D на основі крейди, золи виносу та феросплавного шлаку має оптимальніші модульні характеристики: кремнеземний модуль становить  $n = 2,4$ , що відповідає рекомендованому діапазону для цементу. Проба 10D характеризується дещо зниженим значенням кремнеземного модуля та належить до швидкотузавіючих матеріалів, тоді як проба 11D – до нормальнотузавіючих. Отримані результати підтверджують перспективність використання досліджених промислових відходів у технології цементного клінкеру, особливо у складі композиції 11D.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Winter, N. B. (2012). *Understanding cement*. WHD Microanalysis Consultants Ltd.
2. Рунова, Р. Ф., Дворкін, Л. Й., Дворкін, О. Л., & Носовський, Ю. Л. (2012). *В'язучі речовини*. Основа.
3. Свідерський, В. А., Черняк, Л. П., Дорогань, Н. О., & Сорока, А. С. (2014). Програмне забезпечення технології портландцементу. *Будівельні матеріали та виробі*, 1(84), 16–17.