

УДК 666.32:678.029.71

*З.І. Боровець, І.В. Луцюк***КОМПЛЕКСНЕ ОЦІНЮВАННЯ ПРИДАТНОСТІ ГЛИНИСТОЇ СИРОВИНИ
ОЗЕРНЕНСЬКОГО РОДОВИЩА ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ
КЕРАМІКИ****Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна**

Встановлено кераміко-технологічні властивості глини Озерненського родовища Тернопільської області для встановлення можливості її використання в технологіях керамічних виробів різного призначення. Глина надана двома породотворювальними пластами: жовтим і сірим, які істотно відрізняються за вмістом карбонатних домішок, належить до групи легкотопкої, сильно запісоченої глинистої сировини гідрослюдистого складу. Низький вміст Al_2O_3 обумовлює вузький температурний інтервал випалювання, а наявність карбонатних домішок спричиняє інтенсивне газовиділення, і, як наслідок, спучування виробів за температур більше ніж 1050°C . Здійснено порівняльний аналіз перебігу процесів рідкофазового спікання керамічного черепка, який оцінювався за зміною структурної в'язкості мас. Встановлено, що процеси інтенсивного топлення керамічної матриці починаються за температур більше ніж 800°C . За температур $900\text{--}1000^\circ\text{C}$ спостерігається сповільнення цього процесу, що обумовлено насиченням розтопу аморфізованими залишками глинистих мінералів, а також дрібнозернистого кварцу. При цьому структурна в'язкість сірої глини протягом усього температурного інтервалу має вищі значення порівняно з пробами жовтої глини. Проаналізовано закономірності зміни водопоглинання, міцності на стиск і згин дослідних складів залежно від максимальної температури випалювання. Отримані результати дають підставу рекомендувати глину Озерненського родовища як сировину, придатну для виробництва будівельної кераміки, за умови коригування її шихтового складу.

Ключові слова: легкотопкі глини, структурна в'язкість, спікання, спучування, міцнісні характеристики.

DOI: 10.32434/0321-4095-2025-162-5-69-76

Вступ

У сучасних технологіях виготовлення керамічних виробів, зокрема плиток різного призначення, важливе значення має якість глинистої сировини [1]. Найпридатнішими в технологіях кераміки є високоякісні важкотопкі каолінітові або каолініто-гідрослюдисті глини, які містять не менше, ніж 18–20% Al_2O_3 , та незначну кількість карбонатних домішок. Такий склад забезпечує широкий температурний інтервал випалювання мас,

стійкість виробів до деформацій і спучування [2,3], особливо при застосуванні швидкісних режимів термічного оброблення.

В Україні родовища високоякісних важкотопких каолінітових глин зосереджені переважно в східних регіонах. Проте внаслідок агресії Московії проти України ці території опинились у зоні повномасштабних бойових дій, що призвело до розриву логістично-транспортних ланцюжків і

© З.І. Боровець, І.В. Луцюк, 2025



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Comprehensive evaluation of the suitability of clay from the Ozernianske deposit for ceramic applications

унеможливило стабільне постачання сировини на керамічні підприємства центральної та західної частин країни. Крім економічних, це спричинило й значні технологічні труднощі у виробництві.

В умовах кризи, що склалася в галузі забезпечення підприємств сировиною, виникла нагальна потреба у пошуку альтернативних джерел глинистої сировини та адаптації технологічних схем одержання кераміки до зміни складу і властивостей вихідних сировинних матеріалів. Одним із напрямів вирішення цієї проблеми є використання місцевих низькосортних легкотопких запісочених глин монтморилонітового та гідролітичного складу, а також технологічних відходів різноманітних виробництв [4–8].

Застосування такої сировини у виробництві кераміки потребує подолання низки технологічних проблем. Зокрема монтморилонітові глини підвищують чутливість мас до сушіння, а також значно звужують інтервал випалювання та ускладнюють процес спікання черепка.

Крім того, підвищений вміст у складі низькосортних місцевих глин кварцового піску значно ускладнює процеси рідкофазного спікання виробів. Кварц, особливо в умовах швидкісного випалювання, практично не бере участі в топленні сировинної матриці, що негативно впливає на формування щільного черепка. Як наслідок, із такої сировини здебільшого неможливо одержати спечений керамічний черепок із низьким водопоглинанням [4].

Використання легкотопких глин у складах сировинних мас є можливим лише за умови забезпечення мінімально необхідного вмісту алюмінію оксиду. Для досягнення цього на практиці доцільно застосовувати комплексне введення легкотопких глин із важкотопкими каолінітовими глинами або з каоліном [9,10]. Залежно від хіміко-мінералогічного складу решти компонентів сировинної суміші, вміст каолінітового складника переважно становить від 20 до 40%.

Мета роботи – комплексне дослідження кераміко-технологічних властивостей глини Озерненського родовища Тернопільської області та встановлення можливості її використання для одержання керамічних виробів різного призначення.

Матеріали та методи досліджень

Об'єктом дослідження слугувала глиниста сировина Озерненського родовища Тернопільської області.

Хімічний аналіз сировини виконано із застосуванням рентгенівської флуоресценції на рентген-флуоресцентному аналізаторі (спектрометрі)

ElvaX Light SDD при центрі колективного користування науковим обладнанням «Лабораторія перспективних технологій створення та фізико-хімічного аналізу нових речовин і функціональних матеріалів» (<https://lpnu.ua/ckkno/obladnannia>).

Дослідження фазового складу керамічних зразків здійснювали за дифрактограмами, отриманими на модернізованому дифрактометрі ДРОН-3М із використанням мідного K_{α} -випромінювання ($\lambda=0,154185$ нм).

Підготовка дослідних мас здійснювалась шлікерним способом у лабораторному кульовому млині до залишку $(3,5\pm0,5)\%$ на ситі № 0056. Після висушування шлікера готували преспорошок із вологістю 6–7%, з якого формували плитки розміром $70\times70\times10$ мм на лабораторному гідралічному пресі за питомого тиску 35 МПа. Висушування відпресованих зразків здійснювали до залишкової вологості 0,1–0,2%. Термічне оброблення здійснювали в лабораторній електропечі зі швидкістю нагрівання $20^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ за максимальних температур від 975 до 1100°C з інтервалом 25°C .

Гранулометричний склад глини, її пластичність, а також фізико-механічні властивості випалених зразків, зокрема водопоглинання, міцність на стиск і згин, визначали відповідно до методик, регламентованих чинними стандартами для керамічної продукції. Структуру в'язкість черепка оцінювали за показниками деформації, що виникали під час випалювання.

Результати та обговорення

Родовище глини локалізовано поблизу с. Озерне Тернопільської області. За результатами польових досліджень встановлено, що глина надана переважно двома основними пластами: верхній пласт жовтого кольору потужністю 2,0–3,0 м і нижній пласт сірого кольору потужністю 2,5–3,5 м. Між зазначеними пластами на окремих ділянках трапляються перехідні прошарки потужністю 0,10–0,15 м, які не мають істотного впливу на загальне кількісне співвідношення основних пороодоутворювальних пластів. Орієнтовне співвідношення між основними пластами становить: жовтий – 45%, сірий – 55%. Такий поділ став основою для подальших хімічних, мінералогічних і технологічних досліджень кожного горизонту окремо, а також їхньої усередненої суміші.

Верхній жовтий шар озерненської глини має неоднорідну текстуру й характеризується наявністю видимих вкраплень залізовмісних мінералів темно-бурого кольору, сірих прожилків орґано-

генного походження, а також поодиноких світлих включень карбонатних домішок. На відміну від нього, нижній сірий пласт має вищий ступінь однорідності як за кольором, так і за текстурою.

Результати визначення хімічного складу озерненської глини різних пластів наведено у табл. 1.

Відповідно до результатів хімічного аналізу, жовтий пласт озерненської глини порівняно з сірим характеризується підвищеним вмістом оксидів лужноземельних металів і відповідно втрат після прожарювання, зокрема CO_2 карб. Це свідчить про значно вищий вміст карбонатів кальцію та магнію у складі жовтої глини, що зумовлює необхідність ретельнішого перероблення пластичної маси для максимально можливого подрібнення грубозернистих карбонатних включень.

На відміну від жовтого пласта, сірий пласт озерненської глини характеризується мінімальним вмістом карбонатних домішок, що підтверджується низьким значенням втрат після прожарювання та CO_2 карб, які у середньому становлять 2,9 та 0,2%, відповідно.

Під час видобування глини в кар'єрі відбувається механічне перемішування різних пластів, внаслідок чого усереднена суміш характеризується помірним вмістом карбонатних домішок (CO_2 карб 1,8%). З огляду на можливість утворення «видутку» наявність карбонатів необхідно враховувати в технології пластичного формування виробів. Якщо приготування сировинної маси відбуватиметься за шлікерною технологією, то її перероблення у кульовому млині забезпечить тонке розмелювання та максимальну гомогенізацію вихідних компонентів і відповідно усуває небезпеку утворення «видутку». Проте підвищений вміст оксидів лужноземельних металів, які за високих температур є топниками і можуть спричинити передчасне топлення та деформацію черепка, вимагає ретельного проектування температурного режиму випалювання виробів.

За вмістом SiO_2 та Al_2O_3 озерненська глина належить до класу сильно запісочених і легко-топких глин, що суттєво обмежує можливість її використання для одержання виробів зі спеченим черепком. У разі використання озерненської глини для отримання виробів спеченої кераміки не-

Таблиця 1

Хімічний склад озерненської глини відповідно до горизонтів залягання

Показник	Вміст оксидів, мас. %										
	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	в.п.п.	CO_2 карб.*
Жовтий пласт ($\approx 45\%$)											
інтервал вмісту оксиду	70,4–72,6	8,6–9,2	0,9	2,3–2,5	0,6–0,7	4,6–5,3	1,3–1,7	1,6–1,9	0,9–1,3	5,9–6,8	3,4–4,0
усереднений склад	71,5	8,9	0,9	2,4	0,7	5,0	1,5	1,8	1,1	6,4	3,7
Сірий пласт ($\approx 55\%$)											
інтервал вмісту оксиду	76,7–77,9	9,0–10,2	0,9	2,8–3,2	0,8	1,0–1,4	1,0–1,2	1,9–2,1	1,1–1,4	2,7–3,0	0,1–0,3
усереднений склад	77,3	9,6	0,9	3,0	0,8	1,2	1,1	2,0	1,3	2,9	0,2
Перехідний пласт											
інтервал вмісту оксиду	75,7–76,9	9,0–9,9	0,9–1,0	2,6–3,1	0,6–0,8	1,3–1,7	0,9–1,1	1,8–2,0	1,2–1,4	3,9–4,2	2,5–3,0
усереднений склад	76,3	9,5	1,0	2,9	0,7	1,5	1,0	1,9	1,3	4,1	2,8
Усереднений склад (відповідно до співвідношення пластів)											
	74,7	9,3	0,9	2,7	0,7	2,9	1,3	1,9	1,2	4,4	1,8

Примітка: * – O_2 карб. входить до втрат після прожарювання (в.п.п.).

обхідно передбачити коректування шихтового складу маси з метою підвищення вмісту Al_2O_3 . Наявність високого вмісту кварцового піску в досліджуваній глині також зумовлює необхідність її розмелювання разом з іншими непластичними компонентами в кульовому млині.

Перехідний пласт озерненської глини за хімічним складом займає проміжне місце між жовтим і сірим пластами та через невелику потужність істотно не впливає на усереднений склад глинистої сировини.

Згідно з результатами рентгенофазового аналізу мінералогічний склад озерненської глини представлений гідрослюдою із незначною кількістю каолініту, кварцом і карбонатами, що дає можливість класифікувати глину як гідрослюдисту.

За пластичністю глина належить до групи мало пластичних: число пластичності проб із різних шарів знаходиться в межах від 4 до 7.

Гранулометричний склад жовтого та сірого пластів озерненської глини наведено у табл. 2.

Для дослідження процесів спікання озерненської глини було приготовано три дослідні маси з проб жовтого, сірого пластів, а також їх усередненої суміші в масовому співвідношенні 45:55, відповідно.

Результати визначення водопоглинання наведено на рис. 1.

Згідно з результатами визначення водопоглинання глина Озерненського родовища належить до класу сировини, що не спікається. Так, для зразків із сірої глини зі збільшенням макси-

Таблиця 2

Гранулометричний склад глини Озерненського родовища

Розмір фракції, мм	Вміст фракції, мас.%	
	жовта глина	сіра глина
1,0–0,25	12,8	11,0
0,25–0,05	18,3	17,5
0,05–0,01	22,0	23,1
0,01–0,005	9,1	8,3
0,005–0,001	16,0	14,7
менше 0,001	21,8	25,4

мальної температури випалювання від 975 до 1100°C спостерігається поступове зменшення водопоглинання зразків від 20,2 до 9,8%, відповідно, (рис. 1). Аналогічно одержати спечений черепок не вдається і для зразків із глини жовтого пласту та усередненої проби. Зокрема, для жовтої глини за температури випалювання 1050°C водопоглинання черепка знижується лише до 10,2%, а подальше підвищення температури призводить до його спучування.

Зазначений характер спікання зразків озерненської глини пов'язаний з особливостями її хімічного складу (табл. 3). Основними чинниками, що обумовлюють таку поведінку сировини під час випалювання, є наступні: високий вміст SiO_2 , інтенсивне утворення значної кількості малов'язкої та високореакційної рідкої фази та інтенсивне газовиділення із внутрішніх шарів черепка.

Відповідно до даних хімічного аналізу озерненської глини вміст SiO_2 у її складі знахо-

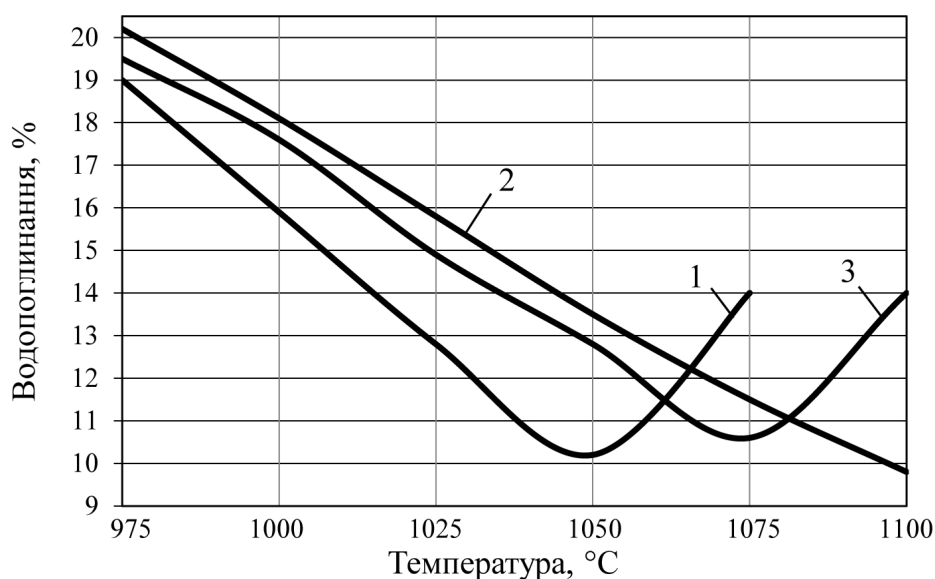


Рис. 1. Зміна водопоглинання дослідних зразків озерненської глини залежно від температури випалювання:
1 – жовта глина; 2 – сіра глина; 3 – усереднений склад

диться в межах 71,5–77,3%, тоді як вміст Al_2O_3 – лише 8,9–9,6%. Таке співвідношення не забезпечує необхідного інтервалу випалювання, а підвищений вміст кремнезему в глині за цих умов термічного оброблення не забезпечує її спікання. Крім того, високий вміст оксидів топників у складі озерненської глини (9,4–12,4%) спричиняє топлення маси за відносно низьких температур, а наявність у складі жовтої глини та усередненої проби значної кількості карбонатних домішок (CO_2 карб. 3,7% і 1,8%, відповідно) призводить до спучування зразків.

Процеси раннього топлення черепка та перехід його у піропластичний стан підтверджуються результатами визначення структурної в'язкості дослідних зразків під час нагрівання (рис. 2).

Порівняльний аналіз характеру зміни структурної в'язкості трьох дослідних проб озерненської глини, жовтої, сірої та усередненої, показав істотні відмінності у їх поведінці під час нагрівання. Поява рідкої фази та початок топлення сировинної маси для всіх зразків спостерігається вже за температур понад 800°C, що фіксується зниженням структурної в'язкості. Проте подальший перебіг процесів топлення та характер зміни структурної в'язкості істотно відрізняється для різних зразків і визначається особливостями їх хімічного складу. Зокрема, для жовтої та усередненої глини (рис. 2, криві 1 і 3) процеси топлення відбуваються значно інтенсивніше порівняно із сірою глиною (рис. 2, крива 2). Це обумовлено тим, що порівняно з іншими зразками за хімічним складом сіра глина містить більшу кількість алюмінію оксиду (сіра глина 9,6%, жовта 8,9%, усереднена 9,3%) і меншу – оксидів-топників (сіра глина 9,4%, жовта 12,4%, усереднена 10,7%). Як наслідок, маса на основі сірої глини характеризується найвищими значеннями структурної в'язкості протягом усього температурного інтервалу випалювання (800–1100°C), що свідчить про її менш виражену схильність до інтенсивного топлення сировинної суміші.

Інтенсивне зниження структурної в'язкості у всіх досліджуваних пробах спостерігається в

температурному інтервалі 800–900°C. Це зумовлено утворенням легкотопких евтектик і насиченням рідкої фази катіонами лужних та лужноземельних металів. У той же час швидке нагрівання в цьому інтервалі не забезпечує достатнього розчинення важкотопких оксидів (Al_2O_3 , SiO_2) у рідкій фазі. Оскільки їх концентрація в розтопі ще незначна, то утворений розтоп характеризується низькою в'язкістю та високою змочувальною здатністю. Внаслідок цього загальна структурна в'язкість системи в цьому температурному інтервалі стабільно зменшується.

Під час подальшого нагрівання за температур вище ніж 900°C для всіх зразків спостерігається призупинення процесів топлення, що фіксується зупинкою зниження і навіть незначним зростанням структурної в'язкості системи. Це обумовлено значно інтенсивнішим розчиненням у рідкій фазі важкотопких компонентів, зокрема аморфізованих залишків глинистих мінералів, а також дрібнозернистого кварцу. Внаслідок цього, за рахунок насичення розтопу алюмосилікатними комплексами відбувається збільшення його структурної в'язкості. При цьому максимальне збільшення структурної в'язкості спостерігається для зразків із сірої глини (рис. 2, крива 2), що пов'язано з максимальним вмістом алюмінію оксиду та мінімальним вмістом оксидів топників. Проте за подальшого підвищення температури понад 1000°C для всіх зразків спостерігається різке зниження структурної в'язкості, яке пов'язане з температурним прискоренням флюсуючої дії оксидів топників. Це приводить до інтенсивного топлення матриці, особливо у зразках із жовтої та усередненої глини (рис. 2, криві 1 і 3), де концентрація топників є вищою. Водночас незавершене розкладання карбонатних домішок супроводжується активним газовиділенням із внутрішніх шарів черепка, що спричиняє спучування зразків за температур більше ніж 1050°C для жовтої глини та 1075°C для усередненої проби.

Для вивчення впливу температури випалювання на формування структури черепка та меха-

Таблиця 3

Особливості хімічного складу мас на основі озерненської глини

Глина	Показник					
	SiO_2	Al_2O_3	$\Sigma\text{топн.}^*$	$(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) / \Sigma\text{топн.}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 / \Sigma\text{топн.}$	CO_2 карб.
жовта	71,5	8,9	12,4	6,5	0,7	3,7
сіра	77,3	9,6	9,4	9,3	1,0	0,2
усереднена	74,7	9,3	10,7	7,8	0,9	1,8

Примітка: * – $\Sigma\text{топн} = \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$.

нічних властивостей черепка, виготовленого на основі озерненської глини було здійснено випробування зразків на міцність на стиск та згин після випалювання в інтервалі температур 975–1100°C. Результати механічних випробувань наведено на рис. 3 і 4.

Отримані результати випробувань свідчать, що зі збільшенням максимальної температури випалювання спостерігається поступове підвищення міцнісних характеристик зразків як на стиск, так і на згин. При цьому за однакової максимальної температури випалювання найбільші показники міцності на стиск і на згин спостерігаються для зразків із жовтої глини, потім усередненої та мінімальні – для сірої. Так, за максимальної температури випалювання 1050°C міцність зразків на стиск становить, МПа: 92,1; 84,0 і 82,0 для жовтої, усередненої та сірої глини, а міцність на згин – 15,9; 15,0 і 14,7, відповідно. За подальшого підвищення максимальної температури випалювання більше, ніж 1050°C, для жовтої глини та 1075°C для усередненої призводить до їх спучування. Водночас важливо зазначити, що показники міцності, зокрема міцності на згин для зразків усіх видів глини у досліджуваному температурному інтервалі знаходяться в інтервалі досить низьких температур. Це свідчить про недостатній ступінь спікання отриманих зразків, а

отже, про необхідність оптимізації сировинного складу маси шляхом введення додаткових сировинних компонентів, що сприятимуть покращенню технологічних і експлуатаційних властивостей виробів та забезпечать необхідний інтервал випалювання та спікання черепка.

Висновки

Встановлено, що глиниста сировина Озерненського родовища Тернопільської області належить до групи низькосортних, легкотопких, сильнозапісочених глини монтморилонітового складу. Високий вміст оксидів топників та невеликий вміст оксиду алюмінію в її складі зумовлює відносно невеликий температурний інтервал випалювання, а наявність значної кількості кварцового піску не забезпечує одержання виробів зі спеченим черепком. Значна кількість карбонатних домішок у складі глини за швидкісного режиму випалювання спричиняє спучування зразків за температур вище ніж 1050°C. Досліджувану глинисту сировину можна рекомендувати для виготовлення виробів із неспеченим керамічним черепком. Для визначення конкретних напрямів її застосування, а також для розроблення оптимальних шихтових складів мас, необхідне проведення подальших комплексних досліджень.

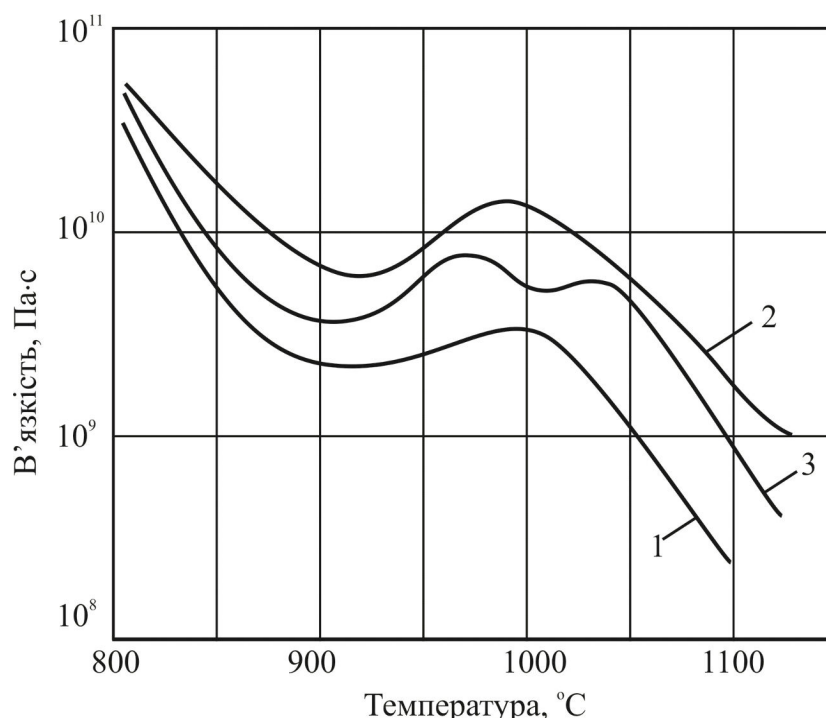


Рис. 2. Зміна структурної в'язкості дослідних зразків озерненської глини під час випалювання:
1 – жовта глина; 2 – сіра глина; 3 – усереднений склад

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Хоменко О.С. Особливості формування мікроструктури кераміки і покриттів. – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2022. – 145 с.
2. Хоменко О.С., Даценко Б.М., Фоменко Г.В. Дослідження глинистої сировини для виробництва клінкерної цегли // Питання хімії та хім. технолог. – 2023. – № 5. – С.135-146.
3. Gokcen H.S. The use of rheologically problematic Turkish clays with dry granulation technology in porcelain tile production // J. Aust. Ceram. Soc. – 2023. – Vol.59. – P.555-563.
4. Dietrich W.F. The clay resources and the ceramic industry of California. – Forgotten Books, 2018. – 420 p.
5. Використання місцевих легкоплавких глин у виробництві будівельної кераміки / Суббота І.С., Спасьонова Л.М., Булка Т.І., Нагорна О.К. // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2018. – № 2. – С.41-43.
6. Хоменко О.С., Даценко Б.М., Фоменко Г.В. Визначення підходів щодо розроблення складів керамічних мас для виробництва лицьової цегли // Питання хімії та хім. технолог. – 2022. – № 6. – С.98-107.

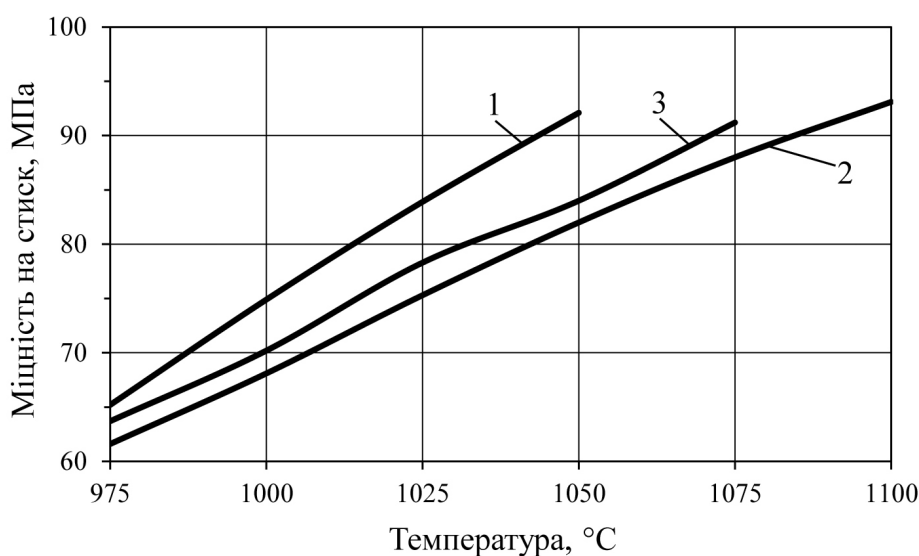


Рис. 3. Зміна границі міцності на стиск дослідних зразків озерненської глини під час випалювання:
1 – жовта глина; 2 – сіра глина; 3 – усереднений склад

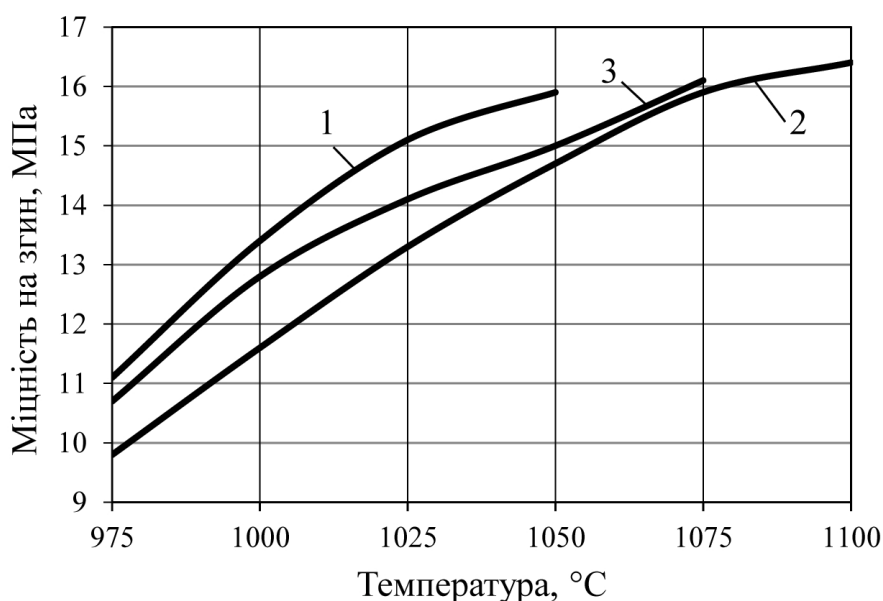


Рис. 4. Зміна границі міцності на згин дослідних зразків озерненської глини під час випалювання:
1 – жовта глина; 2 – сіра глина; 3 – усереднений склад

7. *Vitrification* rate and estimation of the optimum firing conditions of ceramic materials from raw clays: a review / Garzon E., Perez-Villarejo L., Eliche-Quesada D., Martinez-Martinez S., Sanchez-Soto P.J. // *Ceram. Int.* – 2022. – Vol.48. – No. 11. – P.15889-15898.

8. *Sintering* mechanism of blast furnace slag–kaolin ceramics / Mostafa N.Y., Shaltout A.A., Abdel-Aal M.S., El-maghraby A. // *Mater. Des.* – 2010. – Vol.31. – No. 8. – P.3677-3682.

9. *Сторчай Н.С., Василенко С.В., Богданов Р.В.* Модифікована стінова кераміка низькотемпературного випалу // *Будівництво, матеріалознавство, машинобудування.* – 2016. – Вип. 91. – С.148-155.

10. *Effect* of sintering temperatures on the physical, structural properties and microstructure of mullite-based ceramics / Lokman Jalaluddin M., Al-Amani Azlan U., Abd Rashid M.W., Tamin N. // *AIMS Mater. Sci.* – 2024. – Vol.11. – No. 2. – P.243-255.

Надійшла до редакції 12.06.2025

COMPREHENSIVE EVALUATION OF THE SUITABILITY OF CLAY FROM THE OZERNIANSKE DEPOSIT FOR CERAMIC APPLICATIONS

Z.I. Borovets, I.V. Lutsyuk *

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

* e-mail: ira_lutsuk@ukr.net

The ceramic-technological properties of clay from the Ozernianske deposit in the Ternopil region were studied to determine its potential for use in the manufacturing technologies of ceramic products for various purposes. The clay is represented by two lithogenic layers, yellow and grey, that differ significantly in their carbonate impurity content. It is classified as a low-fusibility, highly sandy clay raw material of hydromica composition. The low content of Al_2O_3 results in a narrow firing temperature range, while the presence of carbonate inclusions causes intensive gas release, leading to bloating of the products at temperatures above 1050°C. A comparative analysis of the liquid-phase sintering processes of the ceramic body was carried out, based on changes in the structural viscosity of the masses. It was found that intensive melting of the ceramic matrix begins at temperatures above 800°C. In the range of 900–1000°C, the sintering process slows down due to saturation of the melt with amorphous residues of clay minerals and fine-grained quartz. Throughout the entire temperature range, the structural viscosity of the grey clay remains higher than that of the yellow clay, indicating their differing thermal behavior. Trends in water absorption, compressive strength, and flexural strength of the test specimens were analyzed as a function of the maximum firing temperature. The results provide grounds for recommending clay from the Ozernianske deposit as a raw material suitable for the production of building ceramics, provided that its batch composition is properly adjusted.

Keywords: low-melting clays; structural viscosity; sintering; bloating; mechanical strength properties.

REFERENCES

1. Khomenko OS. *Osoblyvosti formuvanniya mikrostruktury keramiky i pokryttiv* [Features of the formation of the microstructure of ceramics and coatings]. Dnipro: DVNZ UDKhTU; 2022. 145 p. (in Ukrainian).

2. Khomenko O, Datsenko B, Fomenko G. Research on clay raw materials for manufacturing of clinker bricks. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. 2023; (5): 135-146. (in Ukrainian). doi: 10.32434/0321-4095-2023-150-5-135-146.

3. Gokcen HS. The use of rheologically problematic Turkish clays with dry granulation technology in porcelain tile production. *J Aust Ceram Soc.* 2023; 59: 555-563. doi: 10.1007/s41779-023-00851-5.

4. Dietrich WF. *The clay resources and the ceramic industry of California*. Forgotten Books; 2018. 420 p.

5. Subbota IS, Spasonova LM, Bulka TI, Nahorna OK. Vykorystannia mistsevykh lehkoplavkykh hlyn u vyrobnytstvi budivelnoi keramiky [Use of local low-melting clays in the production of building ceramics]. *Promyslove Budivnytstvo ta Inzhenerni Sporudy*. 2018; (2): 41-43. (in Ukrainian).

6. Khomenko OS, Datsenko BM, Fomenko GV. Determination of approaches to the development of ceramic compositions for the manufacture of facial bricks. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. 2022; (6): 98-107. (in Ukrainian). doi: 10.32434/0321-4095-2022-145-6-98-107.

7. Garzon E, Perez-Villarejo L, Eliche-Quesada D, Martinez-Martinez S, Sanchez-Soto PJ. Vitrification rate and estimation of the optimum firing conditions of ceramic materials from raw clays: a review. *Ceram Int.* 2022; 48: 15889-15898. doi: 10.1016/j.ceramint.2022.02.129.

8. Mostafa NY, Shaltout AA, Abdel-Aal MS, El-maghraby A. Sintering mechanism of blast furnace slag–kaolin ceramics. *Mater Des.* 2010; 31: 3677-3682. doi: 10.1016/j.matdes.2010.03.001.

9. Storchai NS, Vasylenko SV, Bohdanov RV. Modyfikovana stinova keramika nyzkotemperaturnoho vypalu [Modified low-temperature fired wall ceramics]. *Budivnytstvo, Materialoznavstvo, Mashynobuduvannia*. 2016; (91): 148-155. (in Ukrainian).

10. Jalaluddin ML, Azlan UA, Rashid MWA, Tamin N. Effect of sintering temperatures on the physical, structural properties and microstructure of mullite-based ceramics. *AIMS Mater Sci.* 2024; 11(2): 243-255. doi: 10.3934/matricsci.2024014.