

УДК 666.295

**О. С. ХОМЕНКО, А. В. ПУРДИК, С. В. ЖИГАЛЬ****ГЛАЗУРНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ КЛІНКЕРНОЇ КЕРАМІКИ**

Наведені результати розробки складів нефритованих глазурей для керамічної клінкерної цегли. Основу глазурей склали недорогі поширені сировинні матеріали – кварцовий пісок, глина, пегматит, крейда, склобій. Перевагами розроблених глазурей є відносна простота та доступність технології виготовлення на типовому цегельному виробництві, а також можливість нанесення їх на сирій напівфабрикат, що забезпечує економічний однократний випал цегли. Звертається увага на необхідності вирішення погодженості усадочних процесів, що протікають при формуванні склоподібного шару на поверхні керамічної основи. Проаналізовані різні види дефектів, що можуть утворюватись при неправильно підбраному складу глазурей або порушенні технологічного режиму.

**Ключові слова:** глазур, керамічна клінкерна цегла, випал, спікання, помел, плавлення, усадка.

Приведены результаты разработки составов нефритованных глазурей для керамического клинкерного кирпича. Основу глазурей составили недорогие распространенные сырьевые материалы – кварцевый песок, глина, пегматит, мел, стеклобой. Преимуществами разработанных глазурей являются относительная простота и доступность технологии изготовления на типовом кирпичном предприятии, а также возможность их нанесения на сырой полуфабрикат, что обеспечивает экономичный однократный обжиг кирпича. Акцентируется внимание на необходимости обеспечения согласованности усадочных процессов, которые протекают при формировании стекловидного слоя на поверхности керамической основы. Проанализированы различные виды дефектов покрытий, которые могут образовываться при неправильно подобранном составе глазурей или при нарушении технологического режима.

**Ключевые слова:** глазурь, керамический клинкерный кирпич, обжиг, помол, плавление, усадка.

It presents the results of the development the non-fritted glazes compositions for ceramic clinker brick. Base glazes made inexpensive raw materials – silica sand, clay, pegmatite, chalk, glass fight. The benefits of these glazes are simplicity and accessibility of the implementation on a typical brick factory. These non-fritted glazes should be applied to the raw semifinished product that provides an economical single firing bricks. Attention is drawn to the decision consistency of shrinkage processes occurring during the formation of the vitreous layer on the surface of the ceramic substrate. Are the different types of defects that can occur when the wrong-chosen composition of the glaze or violation of technological regime. It brought a lot of pictures of the microstructure of coatings, which illustrate the effect of different components of the change on the formation of glaze layer.

**Keywords:** glaze, ceramic clinker brick, firing, fusing, shrinkage, milling, sintering.

**Вступ.** Керамічна клінкерна продукція почала з'являтися на ринку вітчизняних будівельних матеріалів відносно нещодавно [1] й одразу знайшла популярність серед споживача. Це стало можливим, завдяки її високим естетичним та експлуатаційним показникам – малій водопроникності, високій механічній міцності та морозостійкості [2]. Цей комплекс властивостей, у поєднанні з привабливим зовнішнім виглядом, дає можливість використовувати її при спорудженні елітних будинків, оформленні фасадів, мощенні доріг і т.д.

Розширення асортименту на вітчизняних підприємствах сьогодні досягається за рахунок використання природної сировини з різним вмістом забарвлюючих домішок [3], або застосування об'ємного забарвлення. Значної популярності у європейських країнах знайшла також глазурована будівельна кераміка – таких виробників як Wienerberger та ін. Нажаль, вітчизняні підприємства досить стримані щодо виробництва глазурованої цегли внаслідок підвищеної кількості браку, пов'язаного із складністю узгодження глазурного склоподібного покриття із грубозернистою керамічною основою. Цей напрямок наукових робіт є дуже актуальним, оскільки раціонального рішення щодо реалізації технології глазурювання, прийнятної для вітчизняного виробника, поки не мається, тому такі дослідження й вирішено було провести.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В літературних джерелах маються деякі відомості про технологію виробництва глазурованої керамічної цегли, але кожен з існуючих способів має певні недоліки.

Так, пропонується [4] наносити легкоплавку фритовану глазур на попередньо випалену керамічну цеглу. Але така технологія буде принаймні втричі здорожувати продукцію: фриткування глазурі здійснюється при температурі 1200°C, випал керамічної цегли – при 1000°C, а потім додається ще одна термічна обробка керамічної цегли при 700-750°C. Отже, на один виріб припадає майже три операції випалу, що у виробничих умовах є надто енерговитратним.

У винаході [5] пропонується також використання фритованої глазурі, що наноситься на свіжозформований керамічний сирець. Температура фриткування глазурі 1300-1350°C, температура випалу цегли 1000-1050°C протягом 36 годин. Окрім високої температури, при якій здійснюється варка фрити, до її складу входять досить дорогі компоненти – глинозем, оксид цинку, двоокис циркону та ін. Фритована глазур також пропонується у винаході [6], яка містить глину легкоплавку, крейду, свинцевий гліт, піролюзит, металургійний шлак, склобій та трепел. Глазур пропонується для виробів внутрішнього облицювання.

Більш сучасною та перспективною є технологія глазурювання керамічної цегли з використанням плазмового факелу [7]. У порівнянні з традиційними технологіями глазурювання виробів, вона є високопродуктивною, але одним з основних її недоліків є значний термоудар під час нанесення глазурі, що знижує міцність зчеплення глазурного шару із керамічною основою за рахунок виникнення мікротріщин у черепку.

В роботі [8] розглядається можливість отримання

нефритованої легкоплавкої глазурі на основі глини, діатоміту та бури. За думкою авторів, використання діатоміту та його ретельного змішування з бурою, при якому відбувається обволікання її часток аморфним кремнеземом, що й дозволяє отримувати якісну глазур, не застосовуючи методу фриткування. Ця технологія приготування глазурей є досить простою, в цілому процес менш енерговитратний, але оптимальні температури для випалу виробів зазначаються 950-1000°C та є низкими для випалу клінкерної кераміки. Окрім того, глазур схильна до виникнення різного роду дефектів – матовості, цеку, відшарування, а також не має відомостей - чи буде відтворюваність результатів при використанні іншої сировини у складі глазурі.

Авторами [9] розглянуто можливість отримання нефритованої глазурі для будівельної кераміки, зокрема фасадних керамічних плиток швидкісного випалу при робочих температурах 960-1080°C. До складу глазурі входять датолітовий концентрат (датоліт -  $\text{CaBSiO}_4(\text{OH})$ ), пісок кварцовий, перліт, крейда, каолін, склобій, оксид цинку та відходи шламів гальванічних стоків. Вироби відрізняються напівматовою шовковистою поверхнею та високою морозостійкістю. Проте, чи можливе використання даних глазурей у виробництві клінкерної кераміки, необхідні додаткові дослідження.

Таким чином, переважна кількість легкоплавких глазурей для будівельних виробів містить розчинні компоненти та є фритованими. Ця операція є досить дорогою у технології будівельної кераміки і надто здорожує вартість виробів. Маються відомості про розробку нефритованих легкоплавких глазурей, але чи придатні вони для глазурювання клінкерної кераміки – детально не досліджено, що й дозволило визначити напрям наших подальших досліджень.

**Формулювання мети.** Враховуючи загальну тенденцію у керамічній промисловості щодо енерго- та ресурсозбереження, за мету у даній роботі було поставлено розробити склади нефритованих легкоплавких глазурей для клінкерної кераміки. При чому було враховано також наступні умови: до складу глазурей необхідно вводити доступні та недорогі сировинні матеріали, технологія приготування глазурей та їх нанесення на керамічний черепок повинні бути доступними для реалізації на типовому цегельному виробництві, температура розливу глазурного покриття повинна відповідати температурі випалу клінкерної керамічної цегли (1100°C), глазуровані вироби після випалу повинні мати поверхню без дефектів та характеризуватись високими експлуатаційними показниками, зокрема гарним зчепленням покриття з керамічною основою та високою морозостійкістю.

**Вклад основного матеріалу.** Отже, було обрано базовий склад глазурі, до якої включили наступні компоненти: кварцовий пісок, пегматит або склобій гарний, глину тугоплавку, крейду. Зазвичай зазначені компоненти є складовими типових нефритованих глазурей [10], а здатність таких глазурей до оплавлення регулюється кількістю плавля

та модифікуючих добавок. В якості таких добавок, керуючись відомими науковими розробками [8, 9] та базовими уявленнями про формування глазурного розплаву на поверхні керамічних виробів [10, 11] у роботі використовували барій оксид, кислоту борну, цинк оксид та флюорит. Дослідні склади глазурей наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Дослідні склади глазурей, мас.%

Найменування компоненту шихти	Номер складу					
	1	2	3	4	5	6
Пісок кварцовий	30	35	40	30	30	30
Пегматит	45	-	30	35	-	-
Склобій гарний	-	55	-	10	44	40
Глина тугоплавка	7	5	5	7	7	7
Крейда	18	-	15	18	18	18
Барій оксид	-	5	5	-	-	-
Кислота борна	-	-	5	-	-	-
Цинк оксид	-	-	-	-	1	-
Флюорит	-	-	-	-	-	5

Глазурі готували шляхом тонкого мокрого помелу у кульовому млині. Вологість шлікерів становила 50%, готовність глазурного шлікеру визначали візуально за відсутністю кам'яних включень, при цьому час помелу (200г сухої речовини) становив 7 годин.

Таблиця 2 – Контроль дисперсності дослідних глазурних лікерів

Контрольний параметр	Номер складу					
	1	2	3	4	5	6
Залишок на ситі №0063, мас.%	0,08	0,5	1,3	0,04	0,03	0,10

Аналіз дисперсності дослідних шлікерів за залишком на контрольному ситі №0063 показав, що, незважаючи на схожість складів, при однаковому часі помелу показники залишку є різними (табл. 2). Найбільший показник встановлено для шлікеру №3 (1,3 мас.%), якій містить підвищену кількість піску кварцового, та шлікеру №2 (0,5 мас.%) з великою кількістю склобою. Зазначене вказує на необхідність підбору індивідуального режиму помелу в залежності від вмісту описюючих компонентів, оскільки інтенсивність плавління композиції значно залежить від розміру часток її складових [10].

Глазурні покриття наносили тонким шаром на поверхню зразків керамічного клінкерного напівфабрикату різного хімічного складу (табл. 3).

Таблиця 3 – Хімічний склад зразків керамічного клінкерного матеріалу, мас.%

№ керам. зразка	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$
I	75,06	16,17	3,42	2,09	0,42	2,10	0,74
II	74,50	15,10	4,80	1,96	0,60	2,10	0,94

Відмінність у хімічному складі керамічного черепка № II полягає у дещо меншій кількості тугоплавких оксидів  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$  та більшій  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Оксид заліза виступає активним плавцем [3] і сприяє формуванню більш склоподібного керамічного черепка, отже і погодженість зі склопокриттями дослідних складів №1-6 у черепків №I та №II очікувалась різною.

Покриття наносили на керамічний напівфабрикат шляхом пульверизації, висушували та аналізували міцність зчеплення з поверхнею сирцю. Огляд зразків показав, що поверхня утворюється міцна, але досить легко сколюється по краях зразків (рис. 1), що можна пояснити різною усадкою керамічного напівфабрикату та глазурного покриття. Зазначені процеси частково можна призупинити додаванням клеючої добавки, яка буде вигоряти на ранніх стадіях процесу випалу та не буде брати участь у плавлінні глазурного шару.

Випал зразків здійснювали в лабораторній електричній печі при температурі  $1100^\circ\text{C}$  протягом 24 годин з витримкою при максимальній температурі 1 годину. Якість поверхні оцінювали візуально та за

допомогою оптичного мікроскопу МБС-10, який дозволяє досліджувати зразки у відображеному світлі при збільшеннях від 8 до 32 разів.

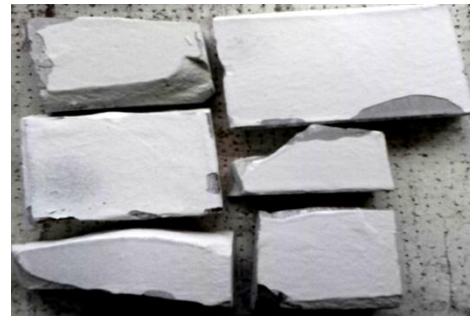
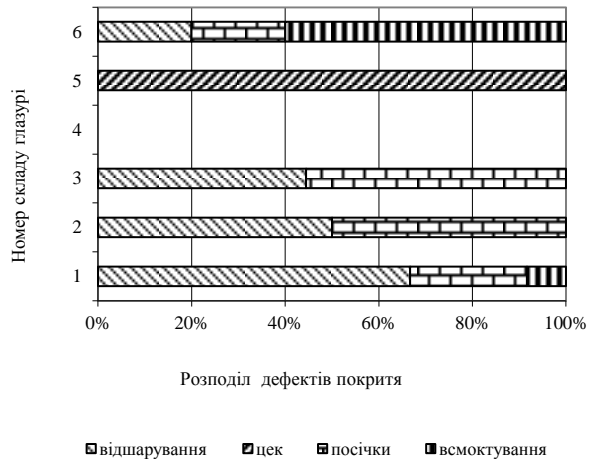
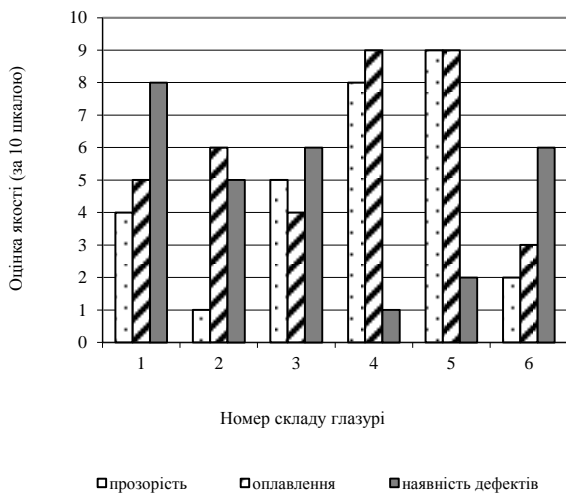
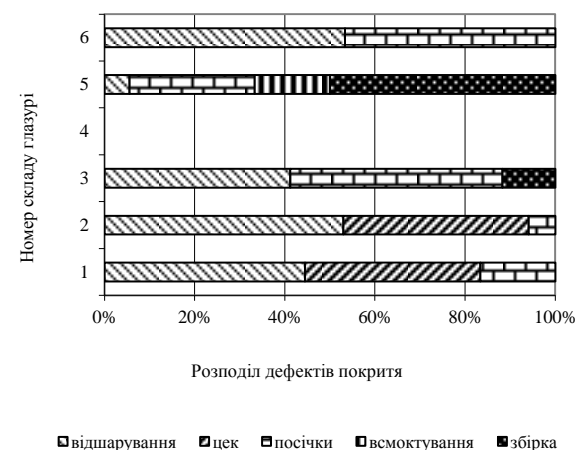
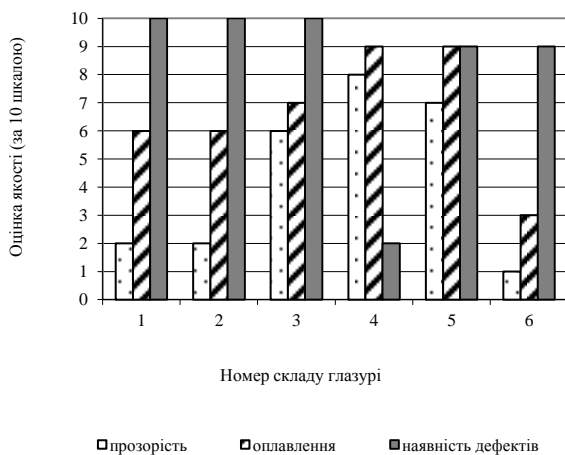


Рис. 1 – Характер «відколів» сухого глазурного покриття

Результати візуального аналізу якості покриттів представлені для кожного черепка складу I (рис. 2а) та складу II (рис. 2б). На рисунках наведено оцінку прозорості, оплавленості та загальної кількості дефектів за 10 шкалою, а також розподіл дефектів за їх інтенсивністю у перерахунку на 100% загальної кількості.



а



б

Рис. 2 – Візуальна оцінка якості глазурного покриття на поверхні керамічних зразків а – № I та б – № II

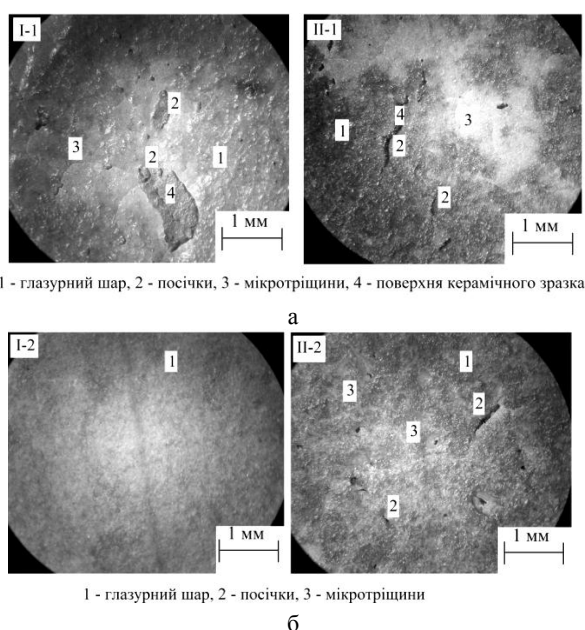
За отриманими даними встановлено, що в цілому всі дослідні глазурі в меншому ступені погоджувалися з керамічною основою №II, в більшому – з №I. Загальна кількість дефектів глазурного покриття на клінкерному черепку №II значно переважає аналогічні показники для покриттів на керамічному черепку №I. Так, для нанесених на напівфабрикат №II глазурей №1, 2, 3 наявність дефектів оцінено в 10 балів, тоді як для у тих же глазурей, що нанесені на напівфабрикат №I цей показник складав 6-9 балів. Склади глазурей №5 та 6 також гірше погоджуються з керамічним черепком №II.

Різновид дефектів на покриттях, що нанесені на керамічну основу №II, більш різноманітний - на глазурованих поверхнях зразків присутні відшарування, посічки, цек (мікротріщини), а в деяких навіть «збірка». У покриттів, що нанесені на

керамічну основу №I переважають такі дефекти, як посічки та відшарування, але їх загальна кількість менша.

Оцінка оплавленості та прозорості покриттів показала, що кращі показники спостерігаються для глазурей №4 та 5, при чому на керамічних черепках обох складів (7-9 за десятибальною шкалою). Але необхідно зауважити, що при нанесенні покриття №5 на керамічну основу №II дуже високий показник загальної кількості дефектів (9 балів).

Дослідження мікроструктури отриманих зразків показали схожість характеру дефектів глазурних покриттів №1 та №2 (рис. 3). Відмічається відсутність прозорості покриттів внаслідок недостатньої оплавленості сировинної суміші глазурей, а також має місце велика кількість посічок та мікротріщин.



1 - глазурний шар, 2 - посічки, 3 - мікротріщини, 4 - поверхня керамічного зразка

1 - глазурний шар, 2 - посічки, 3 - мікротріщини

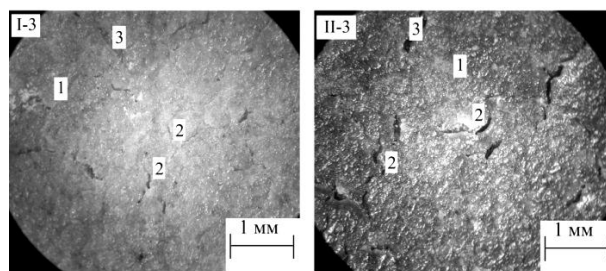
б

Рис. 3 – Мікроструктура глазурних покриттів а – №1 та б – №2 на черепках I та II відповідно, відображене світло

Покриття складу №3 є більш прозорі, незважаючи на підвищену кількість тугоплавкого кварцового піску у складі. Проте на поверхні цих зразків спостерігається значно більша кількість посічок, (рис. 4) на обох черепках.

Зразки з глазур'ю складу №4 єдині у цій серії дослідів, які не мають дефектів як за візуальною оцінкою, так і при більш детальному вивченні мікроструктури (рис.5).

Зазначене свідчить про високу ефективність застосування комплексного плавня у складі глазурі – природного пегматиту та склобою тарного. Якщо порівнювати ці результати з покриттями №1 та 2, то можна передбачити, що використання у складах кожного з зазначених плавней окремо позитивного впливу на одержання якісного покриття не чинять.



1 - глазурний шар, 2 - посічки, 3 - поверхня керамічного зразка

Рис. 4 – Мікроструктура глазурного покриття №3 на черепках I та II відповідно, відображене світло

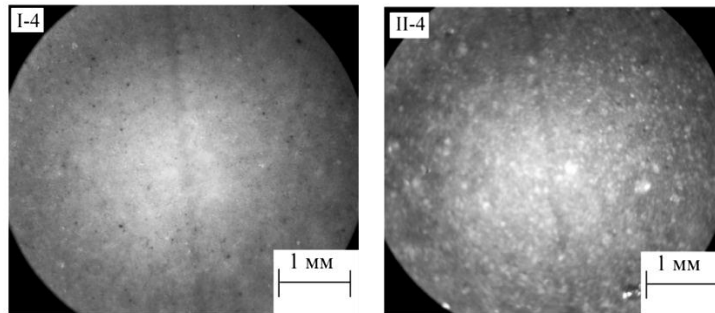
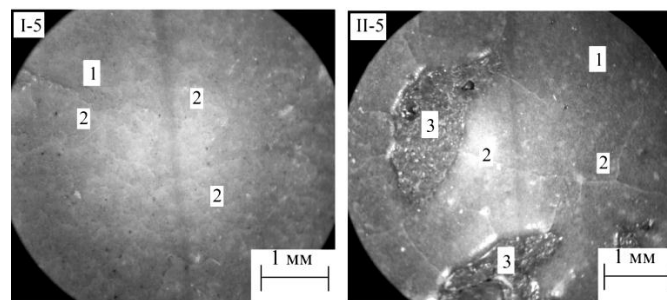


Рис. 5 – Мікроструктура глазурного покриття №4 на черепках I та II відповідно, відображене світло

Недостатньо ефективною виявилась дія мінералізуючих добавок оксиду цинку (рис. 6а) та флюориту (рис. 6б). Мікроструктура глазурного покриття №5 на зразках I представлена прозорою склоподібною фазою, посічки та відшарування не спостерігаються, але має місце добре виражена сітка дрібних мікротріщин. Зазначене свідчить про те, що глазур даного складу добре оплавляється при температурі випалу клінкерної кераміки, але недостатньо погоджена із керамічним черепком за показниками коефіцієнту термічного розширення. Керамічний черепок №II є більш осклованим (оскільки у своєму хімічному складі містить більше легкоплавких оксидів), тому мікроструктура глазурного покриття №5, сформованого на ньому після випалу, має дещо інший характер. Склофаза добре зформована, але присутні оголені ділянки керамічного черепка та мікротріщини більшого розміру й меншої інтенсивності, що свідчить про відсутність погодження із керамічним черепком не тільки показника термічного розширення, але й поверхневого натягу глазурного розплаву під час випалу (плавління).

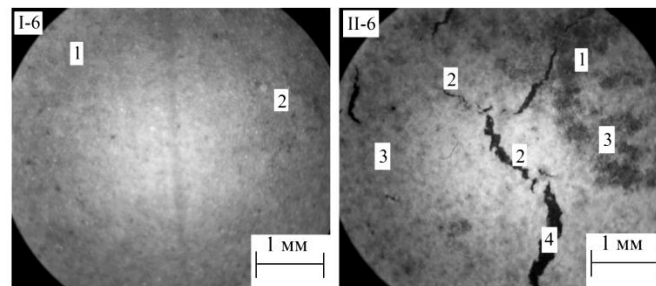
Глазурне покриття №6 також має відмінності у своїй поведінці під час випалу на поверхні черепків №I та №II. На черепку №I має місце наявність незначної кількості посічок, а також ділянки, на яких відбулось всмоктування глазурного розплаву при випалі. Склопокриття на поверхні черепка №II майже не зформовано – склорозплав більш близький за візуальною оцінкою до спеченої кераміки, ніж до склоподібного матеріалу, практично відсутнє зчеплення покриття з керамічною основою, а також наявні глибокі посічки та мікротріщини по усій поверхні зразків.

Таким чином, в результаті проведених досліджень встановлено принципову можливість отримання нефритованих глазурних покриттів для клінкерної кераміки. Проте, дані результати також показали складність корегування й підбору раціонального складу глазурі, оскільки досить велика кількість факторів впливає на формування склорозплаву на грубокерамічному черепку, а отже й обумовлюють виникнення різного виду дефектів.



1 - глазурний шар, 2 - мікротріщини, 3 - оголена поверхня керамічного черепка

а



1 - глазурний шар, 2 - посічки, 3 - мікротріщини, 4 - поверхня керамічного черепка

б

Рис. 6 - Мікроструктура глазурних покриттів а – №5 та б – №6 на черепках I та II відповідно, відображене світло

**Висновки.** Із залученням оптичної мікроскопії, розкрито та систематизовано цілий ряд різноманітних видів браку покриттів, що можуть мати місце при неправильно підбраному шихтовому складі глазурної шихти. Доведено можливість одержання легкоплавких глазурей для клінкерної керамічної цегли без застосування операції фриткування розчинних компонентів. Технологія одержання глазури, що пропонується в результаті даної експериментальної роботи, є максимально наближеною до типових виробничих умов, а отже може бути реалізована практично.

#### Список літератури

1. Телюченко І.Ф. Настоящий клинкер теперь делают и в Украине / И.Ф. Телюченко // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2009. – № 2 – С. 43.
2. ДСТУ БВ.2.7-245–2010 Будівельні матеріали. Вироби керамічні клинкерні. Технічні умови. – Введ. 01.01.2010. – Л.: ЛьвівбудмНДІпроект, 2010. – 12с.
3. Коледа В.В. Технологические особенности производства клинкерного кирпича / В.В. Коледа, Е.С. Михайлова, Е.В. Алексеев, Э.С. Цыбулько // Стекло и керамика. – 2009. – № 4 – С. 17-20.
4. Пат. 2231511 RU С 04 В 41/86, С 04 В 33/14, С 04 В 33/32 Способ получения глазурованного кирпича / Абрамов А.К., Печериченко В.К., Сотников В.В., Сотникова Д.Д. (RU); заявка № 2003108518/03; заявл. 31.03.2003; опубл. 27.06.2004.
5. Пат. 1560496 SU С 03 С 8/04 Глазурь / Валишев Р.Ш., Нудельман Б.И., Убайдуллаев Х. и др. (SU); заявка № 4418302/22-33; заявл. 08.02.1988; опубл. 30.04.1990. Бюл. №16.
6. Пат. 2386606 C1 RU С 04 В 41/86 Кирпичная глазурь / Макаров О.Г. (RU); заявка 2008148998/03; заявл. 11.12.2008; опубл. 20.04.2010. Бюл. №11.
7. Бессмертный В.С. Технология глазурования керамического кирпича методом плазменной обработки / В.С. Бессмертный, О.Н. Бахмутская, Л.Н. Вискребенец, Н.Н. Зимовина // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 4 – С. 65-68.
8. Спирина О.В. Подбор глазурей для керамических масс с учетом согласования их коэффициентов термического расширения /

О.В. Спирина, В.И. Ремизникова // Известия КГАСУ, 2006, №1(5). – С. 45-49.

9. Пат. 1791432 A1 SU С 04 В 41/86 Нефриттованная глазурь / Бобкова Н.М., Миненкова Г.Я., Дятлова Е.М., Левитский И.А. (SU); заявка №4931017/33; заявл. 24.04.1991; опубл. 30.01.1993. Бюл. №4
10. Мороз И.И. Фарфор. Фаянс. Майолика / И.И. Мороз. – Киев: Техніка, 1975. – 351 с.
11. Блюмен Л.М. Глазури / Л.М. Блюмен. – М: ГИЛ по строительным материалам, 1954. – 86с.

#### References (transliterated)

1. Teluschenko, I.F. "Nastoyaschy klinker delayut teper i v Ukraine." *Stroitelnye materialy, oborudovanie, tehnologii XXI veka* 2 (2009): 43. p.
2. DSTU BV.2.7-245–2010 *Budivelni materialy. Virobi keramichni klinkerni. Tehnichni umovi*. Lviv: LvivbudmNDIproect, 2010. Print.
3. Koleda, V.V., O.S. Mikhailuta, E.V. Alekseev, and E.S. Tcibulko "Tehnologicheskie osobennosti proizvodstva klinkernogo kirpicha." *Steklo i keramika* 4 (2009): 17-20. p.
4. Abramov A.K., Pecherichenko V.K., Sotnikov V.V., Sotnikova D.D. *Sposob polucheniya glazurovannogo kirpicha* [A method for production glazed brick]. Patent RF. no. 2231511, 2004.
5. Valishev R.Sh., Nudelman B.I., Ubaidullaev and oth. *Glazur* [Glaze]. Patent SU. no. 1560496, 1990.
6. Makarov O.G. *Kirpichnaya glazur* [Brick glaze]. Patent RF. no. 2386606, 2010.
7. Bessmertnui, V.S., O.N. Bahmutskaya, L.N. Viskrebeneц, and N.N. Zimovina "Tehnologiya glazurovaniya keramicheskogo kirpicha metodom plazmennoi obrabotki." *Sovremennye naukoemkie tehnologii* 4 (2008): 65-68. P.
8. Spirina, O.V., and V.I.Remiznikova "Podbor glazurei dlya keramicheskikh mass s uchedom soglasovaniya ih koefitsientov termicheskogo rasshireniya." *Izvestiya KGACU* 1(2006): 45-49. P.
9. Bobkova N.M., Minenkova G.Y., Dyatlova E.M., Levitskiy I.A. *Nefrittovannaya glazur* [Nonfritted glaze]. Patent SU. no. 1791432, 1993.
10. Moroz, I.I. *Farfor. Fayans. Maiolika*. Kyiv: Tehnika, 1975.
11. Blumen, L.M. *Glazuri*. Moscow: GIL po stroitelnim materialam, 1954.

Надійшла (received) 15.06.2016

#### Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

**Глазурні покриття для клінкерної кераміки / О.С. Хоменко, А.В. Пурдик, С.В. Жигаль // Вісник НТУ «ХП». Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХП», 2016. – № 22 (1194). – С. 214-220. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-0821.**

**Глазурные покрытия для клинкерной керамики / Е.С. Хоменко, А.В. Пурдик, С.В. Жигаль // Вісник НТУ «ХП». Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХП», 2016. – № 22 (1194). – С. 214-220. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-0821.**

**Glazes for clinker ceramic / O.S. Khomenko, A.V. Purdik, S.V. Gikal // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Chemistry, chemical technology and environment. – Kharkov: NTU "KhPI", 2016. – № 22. – P.214-220. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2079-0821.**

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Хоменко Олена Сергіївна** – кандидат технічних наук, доцент, Державний вищий навчальний заклад Український державний хіміко-технологічний університет, м. Дніпро; тел.: (0562) 47-36-96, (097) 27-97-148; e-mail: elenahths@ukr.net.

**Хоменко Елена Сергеевна** – кандидат технических наук, доцент, Государственное высшее учебное заведение Украинский государственный химико-технологический университет, г. Днепр; тел.: (0562) 47-36-96, (097) 27-97-148; e-mail: elenahths@ukr.net.

**Khomenko Olena Sergiivna** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Full Docent, Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro; tel.: (0562) 47-36-96, (097) 27-97-148; e-mail: elenahths@ukr.net.

**Пурдик Анна В'ячеславівна** – начальник лабораторії, ТОВ «Керамейя», Державний вищий навчальний заклад Український державний хіміко-технологічний університет, здобувач кафедри хімічної технології кераміки та скла; тел.: (097) 819-54-74; e-mail: anna\_purdik2603@ukr.net.

**Пурдик Анна Вячеславовна** – начальник лаборатории, ООО «Керамейя», Государственное высшее учебное заведение Украинский государственный химико-технологический университет, соискатель кафедры химической технологии керамики и стекла; тел.: (097) 819-54-74; e-mail: anna\_purdik2603@ukr.net.

**Purdik Anna Vyacheslavivna** – Head of Laboratory, LLC "Kerameya" Ukrainian State University of Chemical Technology, Competitor of the Department of chemical technology ceramic and glass; tel.: (097) 819-54-74; e-mail: anna\_purdik2603@ukr.net.

**Жигаль Сергій Володимирович** – Державний вищий навчальний заклад Український державний хіміко-технологічний університет, студент; тел.: (0562) 47-36-96; e-mail: elenahtks@ukr.net.

**Жигаль Сергей Владимирович** – Государственное высшее учебное заведение Украинский государственный химико-технологический университет, студент; тел.: (0562) 47-36-96; e-mail: elenahtks@ukr.net.

**Gigal Sergyi Volodimirovich** – Ukrainian State University of Chemical Technology, student; tel.: (0562) 47-36-96; e-mail: elenahtks@ukr.net.