

УДК: 666.3.046.4:666.7-128

DOI: 10.20535/iwccmm2024302780

## ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ВИПАЛУ КЛІНКЕРНОЇ ЦЕГЛИ

**Олександра БОГАТКОВА**

Студентка

КПІ ім. Ігоря Сікорського

[Bogatkova.oleksandra@lil.kpi.ua](mailto:Bogatkova.oleksandra@lil.kpi.ua)

**Марія ЗОТЬКО**

Студентка

КПІ ім. Ігоря Сікорського

[zotko.maria@lil.kpi.ua](mailto:zotko.maria@lil.kpi.ua)

**Анотація:** Серед великого асортименту виробів будівельної кераміки клінкерна цегла відрізняється своїми експлуатаційними характеристиками (високою міцністю, довговічністю, стійкістю до впливу атмосферних опадів) та естетичністю. Зважаючи на широке застосування її при будівництві різних споруд, облицюванні фасадів та мощенні доріг, актуальним є дослідження, направлені на пошук альтернативних, більш економічних та екологічних у порівнянні із традиційними, методів випалу керамічної цегли. Метою даної роботи було проведення огляду сучасних інформаційних джерел щодо інноваційних методів випалу керамічної цегли та аналіз їх переваг та недоліків. Розглянуто електроіндукційний та мікрохвильовий способи випалу виробів будівельної кераміки та показана перспективність їх застосування при виготовленні клінкерної цегли. Незважаючи на значні переваги (швидкість, менша енергоємність та екологічність) існують також недоліки, зокрема, дороговизна обладнання та складність масштабування запропонованих технологій на сучасних керамічних заводах. Не дивлячись на це, на сьогоднішній день окремі керамічні підприємства Німеччини та Італії впроваджують розглянуті в роботі інноваційні методи випалу клінкерної цегли.

**Ключові слова:** клінкерна цегла, тунельна піч, енергоємність виробництва, інноваційні методи випалу, електроіндукційний метод, мікрохвильовий випал

**Abstract:** Among the large assortment of construction ceramics, clinker brick is distinguished by its operational characteristics (high strength, durability, resistance to atmospheric precipitation) and aesthetics. Taking into account its wide application in the construction of various buildings, facing facades and paving roads, research aimed at finding alternative, more economical and ecological compared to traditional methods of firing ceramic bricks is relevant. The purpose of this work was to review modern information sources on innovative methods of firing ceramic bricks and analyze their advantages and disadvantages. The electro-induction and microwave methods of firing building ceramics are considered and the perspective of their application in the production of clinker bricks is shown. Despite the significant advantages (speed, lower energy consumption and environmental friendliness), there are also disadvantages, in particular, the high cost of equipment and the difficulty of scaling the proposed technologies in modern ceramic factories. Despite this, to date, individual ceramic enterprises in Germany and Italy are implementing the considered innovative methods of firing clinker bricks.

**Key words:** clinker brick, tunnel kiln, energy intensity of production, innovative firing methods, electric induction method, microwave firing

Клінкерна цегла - один з найміцніших та естетично привабливих будівельних матеріалів. На сьогоднішній день спостерігається стрімке зростання попиту на цей вид продукції. У 2022 році обсяг продажу такої цегли складав \$100 млрд, а прогнози на 2027 рік свідчать, що про подальше його збільшення до \$130 млрд. Така позитивна динаміка обумовлена не лише значним попитом на якісні та довговічні будівельні матеріали, а і посиленою увагою виробників до екологічних аспектів будівництва. Лідерами у виробництві клінкерної цегли є країни Азії, на які припадає 40% світового ринку. За ними йдуть Європа (30%), Північна Америка (20%) та інші регіони (10%), які мають значні запаси глинистої сировини, необхідної для виготовлення клінкерної цегли, а також розвинену інфраструктуру та технологічні можливості [1].

Унікальні властивості такої цегли роблять її незамінною у багатьох сферах будівництва. Завдяки своїй естетичній привабливості, стійкості до атмосферних впливів та довговічності, вона широко використовується для облицювання фасадів та інтер'єрів. Крім того, різноманітність кольорів, текстур та форм дозволяє створювати унікальні архітектурні рішення, а висока міцність клінкерної цегли робить її чудовим матеріалом для зведення стін, фасадів, несучих колон, арок та інших конструкцій. При цьому стійкість до механічних навантажень, перепадів температур та вологи гарантує надійність та довговічність будівель. Завдяки структурі та експлуатаційним властивостям, яких набуває клінкерна цегла у процесі випалу, вона стійка до стирання, ковзання та атмосферних впливів, що робить її ідеальною для мощення доріг, тротуарів, пішохідних зон, майданчиків та інших поверхонь.

Традиційно випал клінкерної цегли проводять у тунельній печі. Незважаючи на численні переваги, застосування даного виду високотемпературної термічної обробки сирцю, він має ряд суттєвих недоліків. До них можна віднести велику енергоємність процесу, що призводить до високих витрат енергоносіїв, та значну її тривалість. Загалом, час випалу клінкерної цегли може сягати від 8 до 12 годин, що значно уповільнює

виробничий процес та обмежує можливості для нарощування обсягів виробництва. Крім того, згідно даних, представлених в роботі [2] під час випалу однієї тони керамічної цегли у навколишнє середовище в результаті спалювання газоподібного палива відбувається викид тони  $\text{CO}_2$  та інших парникових газів, що, як відомо, негативно впливає на зміну клімату. На даний час пропонуються інноваційні альтернативні методи випалу клінкерної цегли, які дозволяють значно покращити екологічні та економічні показники виробництва. До них відносять електроіндукційний метод та мікрохвильовий випал.

Електроіндукційний метод для нагрівання та випалу керамічної цегли оснований на використанні дії електромагнітного поля. Його основними перевагами є скорочення часу випалу до 4 годин та вища енергоефективність процесу в порівнянні з використанням тунельних печей. Це призводить до зниження витрат на виробництво клінкерної цегли та зменшення викидів  $\text{CO}_2$  в атмосферу. Крім того, даний метод відрізняється своєю екологічністю, так, як при його реалізації можна використовувати електроенергію з відновлюваних джерел, що дозволить значно зменшити негативний вплив на довкілля. При цьому, слід відмітити, що впровадження електроіндукційної технології випалу потребує значних інвестицій у нове обладнання. Це може бути серйозним економічним бар'єром для багатьох виробників клінкерної цегли. Крім того, на даний момент сучасні електроіндукційні установки не можна використовувати для випалу клінкерної цегли великих розмірів або виробів, які мають складні архітектурні елементи, що дещо обмежує широке використання даного методу [3].

На стадії розробки знаходиться інноваційна технологія випалу клінкерної цегли з використанням мікрохвильового випромінювання. Перевагами даного виду термообробки є її швидкість (до 30 хвилин), економічність та екологічність. До недоліків слід віднести те, що дана технологія знаходиться на стадії дослідження і для впровадження її в промислових масштабах слід продовжувати подальші випробування. Крім того, на ефективність проходження процесу мікрохвильового випалу керамічної цегли, суттєво впливає склад

сировинних компонентів та спосіб підготовки маси, а для одержання продукції високої якості необхідно розробити чітку систему контролю виробництва [4].

Представлені в роботі інноваційні методи випалу клінкерної цегли вже впроваджуються на окремих виробництвах. У Німеччині компанія Xella використовує електроіндукційний випал, що дозволяє їй скоротити викиди CO<sub>2</sub> у навколишнє середовище на 40% та економити 10% енергії. В Італії організація Wienerberger застосовує мікрохвильовий випал для виробництва такого виду керамічної продукції, що приводить до економії 25% енергії та зменшує викиди парникових газів у атмосферу на 20% [1].

## ВИСНОВКИ

Таким чином, зважаючи на зростання попиту на клінкерну цеглу, значну увагу на економічність та екологічність технології її виробництва, а також перспективність впровадження інноваційних методів випалу, розширюються можливості для виробників щодо модернізації існуючих підприємств. Це дозволить їм не тільки збільшити обсяги виробництва керамічної цегли, але й суттєво зменшити негативний вплив на довкілля.

## Список літератури

1. Ltd, R. a. M. (n.d.-b). *Global Clay Brick Market 2024-2028 - Research and Markets*. Research and Markets Ltd 2024. <https://www.researchandmarkets.com/report/clay-building-brick#product--tags>
2. О. Ю. Федоренко, Л. П. Щукіна, М. І. Рищенко, Л. В. Присяжна . Клінкерні керамічні матеріали на основі природної і техногенної сировини України: монографія: ТОВ «Планета Прінт», 2018. – с. 175-185.
3. HLQ Induction Equipment Co.,Ltd. (2020, September 12). *Basic and principle of induction heating,what's induction heating*. <https://dw-inductionheater.com/Basic-Induction-Heating> .

4. Lord, M. (2018, September 13). *Electrifying Industry*.  
[http://books.google.ie/books?id=6DBZuwEACAAJ&dq=Electrifying+industry&hl=  
&cd=1&source=gbs\\_api](http://books.google.ie/books?id=6DBZuwEACAAJ&dq=Electrifying+industry&hl=&cd=1&source=gbs_api)