

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**  
**ІНСТИТУТ ФІЛОСОФІЇ ім. Г. СКОВОРОДИ НАН УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. М. ДРАГОМАНОВА**  
**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ» ім. І. СІКОРСЬКОГО**



# **ЛЮДИНА, СУСПІЛЬСТВО, КОМУНІКАТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ**

**МАТЕРІАЛИ XII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
«ЛЮДИНА, СУСПІЛЬСТВО, КОМУНІКАТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ»**

**м. Харків, 25 жовтня 2024 р.**

**Харків  
2024**

УДК 316.05

Л 93

*Затверджено до друку Вченою радою Українського державного університету залізничного транспорту (протокол № 8 від 25.10.2024 р.)*

**Головні редактори:**

**Панченко С. В.**, доктор технічних наук, професор, академік Транспортної академії України, в. о. ректора Українського державного університету залізничного транспорту

**Андрущенко В. П.**, доктор філософських наук, професор, член-кореспондент НАН України, академік Національної академії педагогічних наук України, заслужений діяч науки і техніки України, ректор Національного педагогічного університету ім. М. Драгоманова

**Редакційна колегія:**

**Абашинік В. О.**, д-р філос. наук, професор

**Вельш Вольфганг**, габілітований доктор філософії, професор

**Каграманян А. О.**, канд. техн. наук, доцент

**Коростельов Є. М.**, канд. техн. наук, доцент

**Лях В. В.**, д-р філос. наук, професор

**Новіков Б. В.**, д-р філос. наук, професор

**Панченко В. В.**, канд. техн. наук, доцент

**Соломніков І. В.**, канд. екон. наук, доцент

**Толстов І. В.**, канд. філос. наук, доцент

Людина, суспільство, комунікативні технології: матеріали XII Міжнар. наук.- практ. конф. 25 жовтня 2024 р. / відп. за випуск І. В. Толстов. — Харків: УкрДУЗТ, 2024. — 217 с.

УДК 316.05

2. Alstom Coradia iLint. Accessed April 15 2023. URL: <https://www.alstom.com/solutions/rolling-stock/alstom-coradia-ilint-worlds-1st-hydrogen-powered-train>.
3. Genovese M., Fragiaco P. Hydrogen refueling station: overview of the technological status and research enhancement. J Energy Storage. 2023, 61: 106758. URL: <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.106758>.
4. Sharma A., Strezov V. Life cycle environmental and economic impact assessment of alternative transport fuels and power-train technologies. Energy. 2017, 133: 1132–41. URL: <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2017.04.160>.
5. Zhang W. et al. Comparison study on life-cycle costs of different trams powered by fuel cell systems and others. Int J Hydrogen Energy. 2016, 41(38):16577–91. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.03.032>.
6. HydroFLEX Hydrogen-powered Train, United Kingdom. Accessed April 15 2023. URL: <https://www.railway-technology.com/projects/hydroflex-hydrogen-train/>.

**НЕРУБАЦЬКИЙ В. П.**, канд. техн. наук, доцент,  
**ГЕВОРКЯН Е. С.**, д-р техн. наук, професор,  
**ВОЛОШИНА Л. В.**, канд. техн. наук, доцент,  
**ОГУРЦОВ С. С.**, магістрант,

*Український державний університет залізничного транспорту,  
м. Харків, Україна*

## **ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД СПІКАННЯ НАНОПОРОШКІВ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВИСОКОФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОМПОЗИТІВ**

На сьогодні велику увагу дослідники приділяють спеціальним методам спікання різних тугоплавких порошків, зокрема методам плазмового спікання SPS (Spark Plasma Sintering) або FAST (Field Activated Sintering Technik) [1, 2]. Загальне в цих методах те, що порошки, які спікаються, особливо нанопорошки і субмікронні порошки, активуються за рахунок проходження високоамперного струму по поверхні графітової прес-форми і порошків, що створює більш сприятливі умови для спікання. Кожен із цих способів має свої переваги та недоліки, залежно від умов їх використання і типу нанопорошків, що спікаються. Такими методами можна отримати різні керамічні та композиційні матеріали з тонкою мікроструктурою та високими фізико-механічними властивостями.

Одним із перспективних методів спікання нанопорошків є метод електроконсолідації, здійснюваний на розробленій і виготовленій установці [3]. Отримання наноструктурних композитів – одне з основних завдань способу електроконсолідації. Електроконсолідація – це гаряче пресування з

використанням прямого струмопідведення до об'єкта. Ця технологічна ідеологія, що розвивається, вигідно відрізняється від усіх інших методів своєю простотою і ефективністю, здатністю працювати безпосередньо від підключення до звичайної електричної мережі, характеризується відносно коротким часом спікання (до 10 хвилин) і можливістю отримання наноструктурних композитів за рахунок високої швидкості нагріву до необхідних для спікання температур.

Для нанопорошків і субмікронних порошків температура спікання значно нижча, ніж за спікання порошків звичайного розміру. В основі технології електроконсолідації, як і технології FAST/SPS, компактування відбувається за рахунок стиснення порошкоподібної вихідної речовини з паралельним нагріванням прямим і непрямим впливом електричного струму. Проведені дослідження з гарячого пресування методом електроконсолідації у вакуумі для електричних струмів порошкових матеріалів, що не проводять струм, показують, що мікроструктура отриманих композитів дуже чутлива до температури спікання і часу витримки за максимальної температури [4]. Досить цікаві результати були отримані спіканням нанопорошків монокарбиду вольфраму, який проводить електричний струм [3, 5]. Дослідження процесів спікання різних композитів на основі оксиду алюмінію з карбідними добавками показують чутливість мікроструктури отриманих зразків від температури спікання та часу витримки кінцевої температури спікання [4–6].

Метод електроконсолідації дає змогу отримати різні композити на основі тугоплавких оксидів із тонкою структурою та фізико-механічними властивостями. Варіюючи режимами гарячого пресування, насамперед температурою спікання, часом витримки, а також швидкістю нагріву, можна отримати дрібнодисперсну структуру. Для отримання композитів із наноструктурою необхідно досягти оптимальних значень швидкості нагрівання, температури спікання та часу витримки на максимальній температурі. Чинник впливу часу витримки значно змінює мікроструктуру композитів, що спікаються. Передбачено, що низькочастотність змінного електричного струму 50 Гц підвищує ймовірність електророзрядного вивільнення електромагнітної енергії в більш довготривалих напівперіодах прямої і зворотної полярності порівняно з високочастотним генеруванням і, отже, роль іскрової плазми в спіканні порошків, що пресуються.

Отримані за рахунок використання методу електроконсолідації композиційні матеріали не поступаються іншим методам (SPS і FAST) спікання. А враховуючи, що цей метод порівняно з іншими більш простий, надійний і дешевий, то очевидна його перевага у випадку промислового застосування.

### Список використаних джерел

1. Babalola B., Ayodele O., Olubambi P. Sintering of nanocrystalline materials: sintering parameters. *Heliyon*. 2023. Vol. 9, No. 3. e14070. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e14070.
2. Contreras J. E., Rodriguez E. A. Nanostructured insulators – a review of nanotechnology concepts for outdoor ceramic insulators. *Ceram. Int.* 2017. Vol. 43, No. 12. P. 8545–8550. DOI: 10.1016/j.ceramint.2017.04.105.
3. Hevorkian E. S., Nerubatskyi V. P., Rucki M., Kilikevicius A., Mamalis A. G., Samociuk W., Morozow D. Electroconsolidation method for fabrication of fine-dispersed high-density ceramics. *Nanotechnology Perceptions*. 2024. Vol. 20, No. 1. P. 100–113. DOI: 10.56801/nano-ntp.v20i1.363.
4. Nerubatskyi V. P., Hevorkian E. S., Vovk R. V., Krzysiak Z., Komarova H. L. The influence of zirconium dioxide nanoadditives on the properties of mullite-corundum. *Low Temperature Physics*. 2024. Vol. 50, No. 7. P. 558–568. DOI: 10.1063/10.0026282.
5. Gevorkyan E. S., Nerubatskyi V. P., Vovk R. V., Zinchenko O. Y., Komarova H. L., Voloshyna L. V. Investigation of the features of blade processing of steels with ceramic composites based on chromium oxide. *Low Temperature Physics*. 2023. Vol. 49, No. 4. P. 433–438. DOI: 10.1063/10.0017577.
6. Nerubatskyi V. P., Vovk R. V., Gevorkyan E. S., Hordiienko D. A., Nazyrov Z. F., Komarova H. L. Investigation of phase and structural states in nanocrystalline powders based on zirconium dioxide. *Low Temperature Physics*. 2023. Vol. 49, No. 11. P. 1277–1282. DOI: 10.1063/10.0021374.

**НЕРУБАЦЬКИЙ В. П.**, канд. техн. наук, доцент,  
**ГЕВОРКЯН Е. С.**, д-р техн. наук, професор,  
**ВОЛОШИНА Л. В.**, канд. техн. наук, доцент,  
**ОГУРЦОВ С. С.**, магістрант,  
Український державний університет залізничного транспорту,  
м. Харків, Україна

### ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ВЛАСТИВОСТЯМИ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ НАНОПОРОШКІВ

Структура та експлуатаційні властивості керамічних матеріалів, одержуваних із використанням порошкових технологій, багато в чому визначені характеристиками вихідних порошків. Застосування нанорозмірних порошків

Наукове видання

ЛЮДИНА, СУСПІЛЬСТВО,  
КОМУНІКАТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ

МАТЕРІАЛИ XII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
«ЛЮДИНА, СУСПІЛЬСТВО, КОМУНІКАТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

25 жовтня 2024 р.

Відповідальність за редагування та достовірність інформації несуть автори робіт.

Відповідальний за випуск Толстов І. В.

---

Підписано до друку 25.10.2024 р.  
Умовн. друк. арк. 13,5. Тираж . Замовлення № .

Художнє оформлення Л.І. Мачулін

Свідоцтво про держреєстрацію: сер. ХК №125 від 24.11.2004

Видавець та виготовлювач Український державний університет  
залізничного транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейсбаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.