

**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:**

**Абаши́н 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

### 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

створює можливості для розроблення високощільних керамічних матеріалів із підвищеною дисперсністю, а також відкриває нові перспективи покращення їхніх функційних характеристик.

Якісний і кількісний аналіз морфології, дисперсності та фазового складу порошків є основою сучасних підходів до прогнозування поведінки керамічних виробів в експлуатації на підготовчій стадії їхнього виробництва. Цей аналіз дає змогу вносити необхідні корективи у вихідний порошковий склад і обґрунтовано ухвалювати структурно-параметричні рішення в рамках вибраної системи керуючих впливів при спіканні. Ураховуючи підвищену поліваріантність режимів, що характерно для реалізації комбінованих технологічних методів, включаючи технології SPS (Spark Plasma Sintering) [1] і метод електроконсолідації під тиском [2], розроблений і застосовуваний в авторському досвіді, цей підхід значно підвищує якість кінцевих виробів [3].

Через комплексний вплив на структуру, у якому може бути додаткова «активація» порошку за рахунок підвищення дефектності кристалічних ґрат, консолідацію під тиском визнано перспективним ресурсом для зниження температури спікання нанокристалічних порошків [1–4].

Оксид цирконію має досить високі механічні властивості для використання як інструментального, так і конструкційного матеріалу [5].

Трансформаційні процеси впливають не тільки на мікроструктуру та морфологію за рахунок спотворення кристалічних ґрат, а і міцність зв'язку на межах зерен. Тому процеси, що відбуваються зі спіканням нанопорошків частково стабілізованого діоксиду цирконію методом електроконсолідації (електроспікання), надзвичайно цікаві, оскільки електричний струм впливає на поверхневі шари нанозерен [2, 4]. Іскра, утворена між зернами, очищає поверхні контакту зерен, за рахунок чого зміцнюється зв'язок між зернами [2–4]. Крім того, висока швидкість нагрівання перешкоджає швидкому зростанню зерен. При цьому дуже інтенсивно протікає процес усадки, що дає змогу швидко ущільнити нанопорошкову суміш. Механізми спікання швидко чергують один одного, даючи сумарний вплив на формування мікроструктури спеченого матеріалу.

У дослідженнях використовували нанопорошки  $ZrO_2-3\text{mol.}\%Y_2O_3$  (Zhengzhou Xinli Wear-Resistant Material Co., Ltd.), виробництво Henan (China).

Використовуваний нанопорошок  $ZrO_2-3\text{mol.}\%Y_2O_3$  мав питому поверхню  $9,4\text{ м}^2/\text{г}$ ,  $ZrO_2 - 94,4\text{ wt.}\%$ ,  $Y_2O_3 - 5,25\pm 0,25\text{ wt.}\%$ ,  $SiO_2 - 0,0092\text{ wt.}\%$ ,  $Fe_2O_3 - 0,0014\text{ wt.}\%$ ,  $TiO_2 - 0,0009\text{ wt.}\%$ .

Відомо [3], що технічна кераміка з порошків на основі частково стабілізованого оксидом ітрію діоксиду цирконію має унікальний комплекс фізико-механічних властивостей: високу міцність, твердість і в'язкість руйнування, стійкість до корозії та зносу. Дослідження процесів спікання

методом електроконсолідації проводили як частково стабілізованим діоксидом цирконію, так і з сумішами оксиду цирконію, карбідом кремнію і монокарбідом вольфраму.

В експериментах найкращому результату, що поєднує високі щільність, дисперсність, відносну рівномірність розподілу зерен і, очевидно, через перерахований найбільш в'язкий характер руйнування, відповідає зеренна структура в межах 250...300 нм, отримана реалізацією циклу електронагріву з температурою заключної ізотермічної витримки 1400 °С з використанням нанопорошку  $ZrO_2-3\text{mol.}\%Y_2O_3$  із частинок сферичної форми з вихідними середніми розмірами в основному в межах 20...30 нм. Тріщиностійкість цього зразка склала 12...14 МПа·м<sup>1/2</sup>.

Отже, прискорене нагрівання нанопорошкової суміші зі спіканням методом електроконсолідації, що здійснюється в поєднанні з одновісним стисненням, можна вважати надійною термомеханічною основою для виробництва високощільної, високофункційної та конкурентоспроможної субмікро- і нанокераміки.

#### *Список використаних джерел*

1. 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.
2. 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.
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., 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.
5. Zhu T., Xie Z. Ultrastrong tough zirconia ceramics by defects-engineering. *Journal of the American Ceramic Society*. 2022. Vol. 105, Issue 3. P. 1617–1621. DOI: 10.1111/jace.18178.

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.