

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U000660

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 25-02-2025

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ваврух Валентина Іванівна

2. Valentyna I. Vavrukh

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3143-2522

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 132

Назва наукової спеціальності: Матеріалознавство

Галузь / галузі знань: механічна інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Матеріалознавство

Дата захисту: 26-03-2025

Спеціальність за освітою: Прикладне матеріалознавство

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 7667

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 55.09.35.23, 30.19.57

Тема дисертації:

1. Вплив легування на стабілізацію фазового стану та властивостей оксидної кераміки на основі ZrO₂
2. The effect of alloying on the stabilization of the phase state and properties of ZrO₂ based oxide ceramics

Реферат:

1. Ваврух В.І. Вплив легування на стабілізацію фазового стану та властивостей оксидної кераміки на основі ZrO₂. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 – Матеріалознавство, галузь знань 13 – Механічна інженерія, Національний університет "Львівська політехніка", Міністерство освіти і науки України, Львів, 2024. Дисертація присвячена вирішенню актуального науково-технічного завдання з експериментального дослідження впливу легування на фазовий склад, мікроструктуру та морфологію поверхні руйнування цирконієвої кераміки, спеченої за різних температур, для досягнення необхідних механічних властивостей, зокрема мікротвердості, міцності та в'язкості руйнування. Дисертація також охоплює прогнозування механічних властивостей такої кераміки шляхом використання алгоритмів машинного навчання, що дозволить значно зекономити матеріальні, часові та фінансові ресурси при виготовленні керамічних виробів. Метою роботи є оцінювання впливу хімічного та фазового складу, температури спікання, мікроструктури та морфології поверхні руйнування на мікротвердість, міцність та в'язкість руйнування цирконієвої кераміки для забезпечення необхідних функціональних та експлуатаційних

властивостей. В роботі було виконано такі поставлені завдання: - оцінено вплив хімічного та фазового складу, мікроструктури та температури спікання цирконієвої кераміки на механічні властивості (мікротвердість, границю міцності на згин та в'язкість руйнування); - здійснено вибір адекватного використання існуючих емпіричних залежностей із визначення в'язкості руйнування методом ідентування пірамідою Вікерса; - досліджено взаємозв'язок між тріщиностійкістю і морфологією поверхні руйнування для ідентифікації високоенергетичного мікромеханізму руйнування; - оцінено можливість здешевлення цирконієвої кераміки шляхом легування Al_2O_3 , CoO , CeO_2 , Fe_2O_3 , MgO замість Y_2O_3 для стабілізації тетрагональної фази ZrO_2 та збереження чи підвищення рівня механічних властивостей; - проведено прогнозування механічних властивостей (мікротвердості, міцності та в'язкості руйнування) цирконієвої кераміки різних систем легування, використовуючи методи машинного навчання. Об'єктом дослідження є цирконієва кераміка різних систем легування. Предмет дослідження – вплив легування на фазовий склад, мікроструктуру та властивості цирконієвої кераміки, спеченої за різних температур. Ключові слова: кераміка, діоксид цирконію, оксид ітрію, оксид алюмінію, комплексне легування, оксиди, температура спікання, фазовий склад, формування фаз, фазова стабілізація, кристалічна ґратка, мікроструктура, міцність, мікротвердість, в'язкість руйнування, тріщиностійкість, пори, порожнини, фрактографія, моделювання, прогнозування.

2. Vavruk V.I. The effect of alloying on the stabilization of the phase state and properties of ZrO_2 based oxide ceramics. Thesis for the Doctor of Philosophy degree in specialty 132 – Materials Science, field of knowledge 13 – Mechanical Engineering, Lviv Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2024. PhD thesis is dedicated to solving the relevant scientific and technical tasks of experimental research of the influence of alloying on the phase composition, microstructure, and fracture surface morphology of zirconia ceramics sintered at different temperatures to achieve the required mechanical properties, in particular microhardness, strength, and fracture toughness. PhD thesis also covers predicting the mechanical properties of these ceramics using machine learning algorithms, which will significantly save material, time, and financial resources in manufacturing ceramic products. The aim of the PhD thesis is to evaluate the influence of the chemical and phase compositions, sintering temperature, microstructure, and fracture surface morphology on the microhardness, strength, and fracture toughness of zirconia ceramics to ensure the required functional and operational properties. The following tasks were completed in the work: - the effect of the chemical and phase composition, microstructure, and sintering temperature of zirconia ceramics on mechanical properties (microhardness, flexural strength, and fracture toughness) was evaluated; - the choice of effectively using the existing empirical dependences of fracture toughness determination by the Vickers indentation method was made; - the relationship between fracture toughness and fracture surface morphology was investigated to identify a high-energy micromechanism of fracture; - the possibility of reducing the cost of zirconia ceramics by alloying Al_2O_3 , CoO , CeO_2 , Fe_2O_3 , and MgO instead of Y_2O_3 to stabilize the tetragonal phase of ZrO_2 and maintain or increase the level of mechanical properties was evaluated; - prediction of mechanical properties (microhardness, strength, and fracture toughness) of zirconia ceramics of different alloying systems was carried out using machine learning methods. The research object is zirconia ceramics of different alloying systems. The research subject is the influence of alloying on the phase composition, microstructure, and properties of zirconia ceramics sintered at different temperatures. Keywords: ceramics, zirconium oxide, yttrium oxide, aluminum oxide, complex alloying, oxides, sintering temperature, phase composition, phase formation, phase stabilization, crystal lattice, microstructure, strength, microhardness, fracture toughness, crack growth resistance, pores, voids, fractography, modeling, prediction.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

1. Kulyk, V., Duriagina, Z., Kostryzhev, A., Vasyliv, B., Vavruk, V., & Marenych, O. (2022). The effect of yttria content on microstructure, strength, and fracture behavior of yttria-stabilized zirconia. *Materials*, 15(15), 5212. <https://doi.org/10.3390/ma15155212>
2. Kulyk, V., Duriagina, Z., Vasyliv, B., Vavruk, V., Kovbasiuk, T., Lyuty, P., & Vira, V. (2022). The effect of sintering temperature on the phase composition, microstructure, and mechanical properties of yttria-stabilized zirconia. *Materials*, 15(8), 2707. <https://doi.org/10.3390/ma15082707>
3. Kulyk, V. V., Duriagina, Z. A., Vasyliv, B. D., Vavruk, V. I., Lyuty, P. Y., Kovbasyuk, T. M., & Holovchuk, M. Y. (2021). Effects of yttria content and sintering temperature on the microstructure and tendency to brittle fracture of yttria-stabilized zirconia. *Archives of Materials Science and Engineering*, 109(2), 65–79. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.2625>
4. Kulyk, V., Izonin, I., Vavruk, V., Tkachenko, R., Duriagina, Z., Vasyliv, B., & Kováčová, M. (2023). Prediction of hardness, flexural strength, and fracture toughness of ZrO₂ based ceramics using ensemble learning algorithms. *Acta Metallurgica Slovaca*, 29(2), 93–103. <https://doi.org/10.36547/ams.29.2.1819>
5. Kulyk, V., Vasyliv, B., Duriagina, Z., Lyuty, P., Vavruk, V., & Kostryzhev, A. (2024). The effect of sintering temperature on phase-related peculiarities of the microstructure, flexural strength, and fracture toughness of fine-grained ZrO₂-Y₂O₃-Al₂O₃-CoO-CeO₂-Fe₂O₃ ceramics. *Crystals*, 14(2), 175. <https://doi.org/10.3390/cryst14020175>
6. Kulyk, V. V., Duriagina, Z. A., Vasyliv, B. D., Lyuty, P. Ya., Klimczyk, P., Vavruk, V. I., Efremenko, V. G., Kostryzhev, A., Trostianchyn, A. M., & Kovbasiuk, T. M. (2024). The effect of sintering modes on the crystal lattice parameters and the morphology of the ZrO_n-nY₂O₃ (n = 3–8 mol%) ceramic microstructure components. *Archives of Materials Science and Engineering*, 128(1), 5–22. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.8015>
7. Vavruk, V. (2022). Effects of the yttria content and sintering temperature on the phase evolution in yttria-stabilized zirconia. *Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science*, 8(1), 12–19. <https://doi.org/10.23939/ujmms2022.01.012>
8. Vavruk, V., Klimczyk, P., Priakhin, V., Petryk, V., & Momot, K. (2023). Applicability assessment of the Vickers indentation for determining the fracture toughness of yttria-stabilized zirconia. *Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science*, 9(3), 48–59. <https://doi.org/10.23939/ujmms2023.03.048>
9. Kulyk, V., Duriagina, Z., Vasyliv, B., Kovbasiuk, T., Lyuty, P., Vira, V., & Vavruk, V. (2022). Effect of sintering temperature on crack growth resistance characteristics of yttria-stabilized zirconia. In *Proceedings of the International Conference on Oxide Materials for Electronic Engineering (OMEE 2021)*, *Acta Physica Polonica A*, 141(4), 323–327. <https://doi.org/10.12693/APhysPolA.141.323>
10. Kulyk, V. V., Vasyliv, B., Duriagina, Z. A., Vavruk, V. I., Lyuty, P. Ya., Kovbasiuk, T. M., Tepla, T. L., & Holovchuk, M. Ya. (2023). Estimation of the role of nanosized stabilizing powders in gaining high-level crack growth resistance of partially stabilized zirconia. In O. Fesenko & L. Yatsenko (Eds.), *Nanomaterials and Nanocomposites, Nanostructure Surfaces, and Their Applications (NANO2021)*, Springer Proceedings in Physics, Springer, Cham, vol. 279, pp. 311–330. https://doi.org/10.1007/978-3-031-18096-5_18
11. Kulyk, V. V., Duriagina, Z. A., Vasyliv, B. D., Vavruk, V. I., Kovbasiuk, T. M., Lyuty, P. Ya., & Vira, V. V. (2023). The effect of rare-earth metal oxide additives on crack growth resistance of fine-grained partially stabilized zirconia. In O. Fesenko & L. Yatsenko (Eds.), *Nanoelectronics, Nanooptics, Nanochemistry and Nanobiotechnology, and Their Applications (NANO 2022)*, Springer Proceedings in Physics, Springer, Cham, vol. 297, pp. 263–279. https://doi.org/10.1007/978-3-031-42708-4_17

- 12. Kulyk, V. V., Duriagina, Z. A., Vasyliv, B. D., Vavruk, V. I., Lyuty, P. Y., Kovbasiuk, T. M., Vira, V. V., & Vynar, V. A. (2023). Study of the effects of MgO additive and sintering temperature on mechanical behavior of fine-grained ZrO₂-MgO ceramics. In O. Fesenko & L. Yatsenko (Eds.), Nanostructured Surfaces, Nanocomposites and Nanomaterials, and Their Applications (NANO2022), Springer Proceedings in Physics, Springer, Cham, vol. 296, pp. 227-244. https://doi.org/10.1007/978-3-031-42704-6_17
- 13. Vavruk, V., Hebda, M., & Lyuty, P. (2022). Phase balance in yttria-stabilized zirconia depending on the content of the stabilizing additive and sintering temperature. In Proceedings of the 2nd International Conference on Environment, Technology and Management (ICETEM), 13-15 October 2022, Niğde, Turkey, 131
- 14. Vavruk, V.I., Kulyk, V.V., Duriagina, Z.A., Vasyliv, B.D. (2022) Fracture toughness of zirconia ceramic doped with 3-8 mol% Y₂O₃. I International Scientific and Practical Conference "Development and design of modern materials and products", 27-28 October, Dnipro, Ukraine, 11
- 15. Vavruk, V. I. (2023). Effect of sintering temperature on the phase composition and properties of zirconia ceramics doped with Y, Co, Ce, Fe oxides. International Conference "Materials Innovations in Surface Engineering" (MISE2023), 29-31 October, University of Queensland, Brisbane, Australia, 25.

Наукова (науково-технічна) продукція: матеріали

Соціально-економічна спрямованість: створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0122U000952, 0119U002248

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кулик Володимир Володимирович
2. Volodymyr V. Kulyk

Кваліфікація: д.т.н., доц., 05.02.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5999-3551

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Величкович Андрій Семенович
2. Andrii S. Velychkovych

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.05.12**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-2685-8753**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу**Код за ЄДРПОУ:** 02070855**Місцезнаходження:** вул. Карпатська, буд. 15, Івано-Франківськ, 76019, Україна**Форма власності:** Державна**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України**Ідентифікатор ROR:****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Корній Сергій Андрійович
2. Sergiy A. Korniy

Кваліфікація: д. т. н., старший науковий співробітник, 05.17.14**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-3998-2972**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка Національної академії наук України**Код за ЄДРПОУ:** 03534506**Місцезнаходження:** вул. Наукова, буд. 5, Львів, 79060, Україна**Форма власності:** Державна**Сфера управління:** Національна академія наук України**Ідентифікатор ROR:****Рецензенти****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Корендій Віталій Михайлович
2. Vitalii M. Korendii

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.02.09**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-6025-3013**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Луцюк Ірина Володимирівна

2. Iryna V. Lutsyuk

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.17.11

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0006-1609-2589

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Клим Галина Іванівна

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Клим Галина Іванівна

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Городняк Роман Васильович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна