Облікова картка ДіР

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0224U002044

Державний реєстраційний номер: 0121U109441

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 05-02-2024

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 1

Назва етапу: Отримання нанопорошків ZrO2 - 3 мас.% Y2O3 з розчинів фторидних солей. Дослідження спікання сумішей на основі модифікованих наповнювачів з додаванням нанопорошків карбіду кремнію та ZrO2. Дослідження фазового складу, структури та фізико-механічних властивостей розроблених композиційних матеріалів

Початок етапу: 03.2021

Закінчення етапу: 12.2023

Вид звітного документа: Остаточний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Український державний університет залізничного транспорту

Код за ЄДРПОУ: 01116472

Місцезнаходження: майдан Фейєрбаха, буд. 7, м. Харків, Харківський р-н., Харківська обл., 61050, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380577301939, 380577714683

IV. Відомості про співвиконавців ДіР

V. Відомості про замовника ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Міністерство освіти і науки України

Код за ЄДРПОУ: 38621185

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 10, м. Київ, 01135, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Кабінет Міністрів України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380444813221

VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

Підстава для проведення ДіР: 34 - договір (замовлення) з центральним органом виконавчої влади, академією наук (головними розпорядниками бюджетних коштів на проведення НДДКР)

Напрям фінансування: 2.1 - фундаментальні дослідження

Джерела фінансування

7713 - кошти держбюджету

Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК): 2201040

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 2008.161

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Використання нетрадиційних методів отримання нанопорошків і спікання при розробці модифікованої муліто-ZrO2 кераміки стійкої до термоудару

Назва роботи англійською:

The use of non-traditional methods of obtaining nanopowders and sintering in the development of modified mulito-ZrO2 ceramics resistant to heat shock

Реферат українською:

Об'єкт дослідження: процеси отримання нанокомпозиційних матеріалів методом електроконсолідації на основі порошків муліто-корунду, синтезованих нанопорошків частково стабілізованого діоксиду цирконію та карбіду кремнію. Предмет дослідження: нанопорошки ZrO2–3 мас.% Y2O3, синтезовані з використанням фтороводневої кислоти HF, концентрованої азотної кислоти HNO3, водний розчин аміаку NH4OH, металевий цирконій, муліто-корунд, нанопорошки SiC. Мета дослідження: створення композиційного матеріалу на основі муліто-корунду з високими термомеханічними властивостями і тріщиностійкістю за рахунок застосування нанодобавок частково стабілізованого діоксиду цирконію та методу гарячого пресування з прямим пропусканням електричного струму. Методи дослідження та апаратура: формування керамічних виробів здійснювалося методом електроконсолідації за рахунок використання пристрою для гарячого вакуумного пресування; полірування зразків – на комплексі Struers за допомогою алмазних паст; дослідження структури – методами силової зондової (Ntegra Aura) та растрової (Nova NanoSEM, Quanta 200 3D) мікроскопії; АСМ-сканування – напівконтактним методом на повітрі; хімічний аналіз – мікроскопом LEO1455 VP з блоками INCAEnergy-300; ренгенофазовий аналіз – дифрактометром Shimadzu XRD-6000; фазовий аналіз – з використанням бази даних ASTM; визначення мікротвердості та тріщиностійкості – мікротвердоміром AFFRI DM8. Результати та їх новизна: визначено закономірності впливу кількості синтезованих методом розкладання фтористих солей добавок нано-ZrO2(Y2O3) на Al2O3–SiO2, на мікроструктуру та фізико-механічні властивості композитів, особливості синергетичного впливу режимів консолідації на структурно-фазові перетворення в композитах на основі частково стабілізованого оксидом ітрію діоксиду цирконію при гарячому пресуванні з прямим пропусканням високоамперного струму і в процесі експлуатації, що стало передумовою отримання матеріалів підвищеної стійкості до зносу за рахунок створення щільної наноструктури.

Реферат англійською:

The object of research: processes of obtaining nanocomposite materials by electroconsolidation based on mullite-corundum powders, synthesized nanopowders of partially stabilized zirconium dioxide and silicon carbide. The subject of research: nanopowders ZrO2–3 wt.% Y2O3 synthesized using hydrofluoric acid HF, concentrated nitric acid HNO3, aqueous ammonia solution NH4OH, metal zirconium, mullite-corundum, SiC nanopowders. The purpose of research: creation of a composite material based on mullite-corundum with high thermomechanical properties and crack resistance due to the use of nanoadditives of partially stabilized zirconium dioxide and the method of hot pressing with direct passage of electric current. Research methods and equipment: the formation of ceramic products was carried out by the method of electroconsolidation due to the use of a device for hot vacuum pressing; polishing of samples – at the Struers complex using diamond pastes; research of the structure – by force probe (Ntegra Aura) and raster (Nova NanoSEM, Quanta 200 3D) microscopy methods; AFM scanning – semi-contact method in air; chemical analysis – with a LEO1455 VP microscope with INCAEnergy-300 blocks; X-ray phase analysis – with a Shimadzu XRD-6000 diffractometer; phase analysis – using the ASTM database; determination of microhardness and crack resistance – with the AFFRI DM8 microhardness tester. Results and their novelty: the defined regularities of the influence of the amount of nano-ZrO2(Y2O3) additives on Al2O3–SiO2

synthesized by the method of decomposition of fluoride salts on the microstructure and physical and mechanical properties of composites, the peculiarities of the synergistic effect of consolidation modes on structural-phase transformations in composites based on partially stabilized by yttrium oxide zirconium dioxide during hot pressing with direct current passage and during operation, which became a prerequisite for obtaining materials with increased resistance to wear.

Індекс УДК: 666.762.11, 666.1/.7; 674; 678, 666.762.5, 691-419, 669.018.45

Коди тематичних рубрик: 53.07.11.21, 55.23.13, 61.35.35.19, 67.09.55, 81.29.09.23

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Геворкян Едвін Спартакович

Науковий ступінь: д. т. н.

Вчене звання: професор

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

VIII. Наукова (науково-технічна) продукція (НТП)

Назва НТП українською: Композиційний матеріал на основі муліто-корунду з високими термомеханічними властивостями і тріщиностійкістю, отриманий за рахунок застосування нанодобавок частково стабілізованого оксидом ітрію діоксиду цирконію та методу гарячого пресування з прямим пропусканням електричного струму.

Назва НТП англійською: Composite material based on mullite-corundum with high thermomechanical properties and crack resistance, obtained due to the use of nanoadditives partially stabilized by yttrium oxide zirconium dioxide and the method of hot pressing with direct passage of electric current.

НТП, яку передбачалося створити:

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Вироби технічні, Технології, Матеріали, Методи, теорії, Композиційні матеріали, матеріали і вироби з порошків.

Галузь застосування: Розроблений композиційний матеріал на основі нанопорошків муліто-корунду та частково стабілізованого оксидом ітрію діоксиду цирконію може використовуватися для лопаток газотурбінного двигуна літаків, гідроабразивних сопел та інших абразивостійких і температуростійких матеріалів металургійної галузі; в машинобудуванні як термостійкий, з високими показниками міцності робочий інструмент; в електроенергетиці як матеріал електроізоляційних та теплоізоляційних елементів; в трибології як матеріал, що має високу твердість і зносостійкість, тощо.

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Перший етап було присвячено отриманню нанопорошків ZrO2–3 мас.% Y2O3 з розчинів фторидних солей. Було досліджено та визначено наукові принципи отримання нанопорошків діоксиду цирконію з використанням HF, HNO3 та NH4OH; умови отримання однорідних сумішей різного відсоткового складу на основі муліто-корунду із застосуванням як модифікатора нанопорошків SiC; закономірності впливу механоактивації нанопорошків SiC на процеси усадки та ущільнення в процесі гарячого пресування муліто-корундових сумішей; умови отримання однорідних порошкових сумішей на основі муліто-корунду та ZrO2–3 мас.% Y2O3 з активованої поверхні. Другий етап було присвячено дослідженню спікання сумішей на основі модифікованих наповнювачів з додаванням нанопорошків SiC та ZrO2. Було досліджено та отримано закономірності формування мікроструктури композитів з домішками нанопорошків ZrO2 та SiC; оптимальний склад і режими спікання для створення нанозміцненої муліто-цирконієвої кераміки методом електроконсолідації; мікроструктуру муліто-корундового матеріалу з синтезованими наночастинами і введеними у якості дисперсійної ZrO2–3 мас.% Y2O3 та SiC зміцнюючої домішки; моделі спікання з урахуванням зростання зерен та розподілу температурних полів у графітовій формі в процесі гарячого пресування з прямим пропусканням електричного струму. Третій етап було присвячено проведенню досліджень фазового складу, структури та фізико-механічних властивостей розроблених композиційних матеріалів. Було досліджено та отримано залежності «ZrO2–3 мас.% Y2O3 – тиск при гарячому пресуванні – потік струму електроенергії – структура – властивості матеріалу»; модель одержання високоефективних композиційних матеріалів муліто-корунду цирконієвого складу при використанні електроконсолідації; залежності «модифікуюча речовина – SiC – тиск при гарячому пресуванні – потік струму електроенергії – структура – властивості матеріалу»; залежності тріщиностійкості від однорідності структури матеріалу та кількості модифікуючого компонента.

Соціально-економічна спрямованість НТП: Створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту, Поліпшення стану навколишнього середовища, Економія енергоресурсів, Поліпшення якості життя та здоров'я населення,

ефективності діагностики та лікування хворих

Вплив НТП на довкілля:

Впровадження НТП: Впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу: 01.2023

Закінчення етапу: 12.2023

Споживачі продукції: Український державний університет залізничного транспорту, Національний аерокосмічний університет імені М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харківський центр професійної освіти регіональної філії «Південна залізниця» АТ «Укрзалізниця», Інститут металофізики імені Г. В. Курдюмова НАН України, Фізико-технічний інститут низьких температур імені Б. І. Вєркіна НАН України, Науково-технологічний комплекс «Інститут монокристалів» НАН України, ТОВ «Керамтех ЛТД», ТОВ «ТТ», ТОВ «АКУТУК», ПРаТ «ЕЛАКС»

Перспективні ринки: Україна, країни Євросоюзу, Великобританія, Сполучені Штати Америки, Китай, Індія, Японія, Туреччина

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану:

Техніко-економічне обгрунтування:

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років):

Додаткова інформація:

IX. Бібліографічний опис

1. Hao S. J., Wang C., Liu T. L., Mao Z. M., Mao Z. Q., Wang J. L. Fabrication of nanoscale yttria stabilized zirconia for solid oxide fuel cell. International Journal of Hydrogen Energy. 2017. Vol. 42, Issue 50. P. 29949–29959. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2017.08.143.

2. Kauppi E. I., Honkala K., Krause A. O., Kanervo J. M., Lefferts L. ZrO2 acting as a redox catalyst. Topics in Catalysis. 2016. Vol. 59. P. 823–832. DOI: 10.1007/s11244-016-0556-4.

3. Fan W., Bai Y., Wang Y., He T., Gao Y., Zhang Y., Zhong X., Li B., Chang Z., Ma Y. Microstructural design and thermal cycling performance of a novel layer-gradient nanostructured Sc2O3–Y2O3 co-stabilized ZrO2 thermal barrier coating. Journal of Alloys and Compounds. 2020. Vol. 829. 154525. DOI: 10.1016/j.jallcom.2020.154525.

4. Savin A., Craus M. L., Turchenko V., Bruma A., Dubos P. A., Malo S., Konstantinova T. E., Burkhovetsky V. V. Monitoring techniques of cerium stabilized zirconia for medical prosthesis. Applied Sciences. 2015. Vol. 5. P. 1665–1682. DOI: 10.3390/app5041665.

5. Tanzi M. C., Fare S., Candiani G. Biomaterials and applications foundations of biomaterials. Chapter 4. Foundations of Biomaterials Engineering. Elsevier. 2019. P. 199–287.

6. Chandradass J., Balasubramanian M., Kim K. H. Solution phase synthesis of t-ZrO2 nanoparticles in ZrO2–SiO2 mixed oxide. Journal of Experimental Nanoscience. 2011. Vol. 6, Issue 1. P. 38–48. DOI: 10.1080/17458081003762813.

7. Chyshkala V. O., Lytovchenko S. V., Nerubatskyi V. P., Vovk R. V., Gevorkyan E. S., Morozova O. M. Detection of regularities of Y2Zr2O7 pyrochlor phase formation during the reaction of solid-phase synthesis under different temperature-time conditions. Functional Materials. 2022. Vol. 29, No. 1. P. 30–38. DOI: 10.15407/fm29.01.30.

8. Farid S. B. Structure, microstructure, and properties of bioceramics. Bioceramics: For Materials Science and Engineering. Chapter 2. Elsevier. 2019. P. 39–76.

9. Sofronov D. S., Kamneva N. N., Katrunov K. A., Bulgakova A. V., Baumer V. N., Vovk O. M., Chebanov V. A. Effect of precipitation conditions on the particle size and optical properties of ZnS. Inorganic Materials. 2014. Vol. 50, No. 7. P. 651–655. DOI: 10.1134/S0020168514070140.

10. Song Y. Q., Liu H. M., He D. H. Effects of hydrothermal conditions of ZrO2 on catalyst properties and catalytic performances of Ni/ZrO2 in the partial oxidation of methane. Energy Fuels. 2010. Vol. 24, Issue 5. P. 2817–2824. DOI: 10.1021/ef1000024.

11. Zhang J., Li W., Tanji T. Synthesis of zirconia oxide (ZrO2) nanofibers on zirconnia substrates by ultrasonic spray pyrolysis. Materials Sciences and Applications. 2014. Vol. 5, No. 4. P. 193–198. DOI: 10.4236/msa.2014.54024.

12. Lan L., Chen S., Cao Y., Zhao M., Gong M., Chen Y. Preparation of ceria-zirconia by modified coprecipitation method and its supported Pd-only three-way catalyst. Journal of Colloid and Interface Science. 2015. Vol. 450. P. 404–416. DOI: 10.1016/j.jcis.2015.03.042.

13. Fenech J., Dalbin M., Barnabe A., Bonino J. P., Ansar F. Sol-gel pro-cessing and characterization of (RE-Y)-zirconia powders for thermal barrier coatings, Sol-gel processing and characterization of (RE-Y)-zirconia powders for thermal barrier coatings. Powder Technology. 2011. Vol. 208, Issue 2. P. 480–487. DOI: 10.1016/j.powtec.2010.08.046.

14. Gnanamoorthi K., Balakrishnan M., Mariappan R., Kumar E. R. Effect of Ce doping on microstructural, morphological and optical properties of ZrO2 nanoparticles. Materials Science in Semiconductor Processing. 2015. Vol. 30. P. 518–526. DOI: 10.1016/j.mssp.2014.10.054.

15. Sofronov D., Rucki M., Demidov O., Doroshenko A., Sofronova E., Shaposhnyk A., Kapustnik O., Mateychenko P., Kucharczy W. Formation of TiO2 particles during thermal decomposition of Ti(NO3)4, TiOF2 and Ti-OSO4. Journal of Materials Research and Technology. 2020. Vol. 9, Issue 6. P. 12201–12212. DOI: 10.1016/j.jmrt.2020.08.115.

16. Bruma A., Savin A., Craus M.-L., Turchenko V., Doroshkevych O. S., Novy F., Konstantinova T. E. Microstructural characterization and phase transitions in polycrystalline and nanocrystalline doped zirconia for incorporation in medical prosthesis. Low-Dimensional Materials and Devices. 2019. Vol. 11085. 1108512. DOI: 10.1117/12.2528037.

17. Lakusta M., Danilenko I., Volkova G., Loladze L., Golovan G., Brukhanova I., Glazunova V., Popov I., Mazur O., Konstantinova T. Effect of mechanical activation on sintering behaviour of tetragonal zirconia nanopowders. Ceramics International. 2020. Vol. 46, Issue 9. P. 13953–13960. DOI: 10.1016/j.ceramint.2020.02.193.

18. Sofronov D., Rucki M., Doroshenko A., Shaposhnyk A., Kapustnik O., Mateychenko P., Baumer V., Zurowski W. Synthesis of TiO2 nanoparticles out of fluoride solutions. Journal of Materials Research and Technology. 2022. Vol. 17. P. 2267–2279. DOI: 10.1016/j.jmrt.2022.02.002.

19. Нерубацький В. П., Геворкян Е. С., Комарова Г. Л., Морозова О. М., Цибульник В. Р. Особливості отримання ріжучого інструментального матеріалу на основі нанодисперсних порошків за рахунок електроспікання. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2023. Вип. 205. С. 14–24. DOI: 10.18664/1994-7852.205.2023.288803.

20. Gevorkyan E. S., Nerubatskyi V. P., Gutsalenko Yu. H., Morozova O. M. Some features of ceramic foam filters energy efficient technologies development. Modern engineering and innovative technologies. 2020. Issue 14. Part 1. P. 46–60. DOI: 10.30890/2567-5273.2020-14-01-014.

21. Gevorkyan E. S., Nerubatskyi V. P., Kislitsa M. V. Composite materials based on alumina and silicon carbide: monograph. Kharkiv: LLC “Voskhod-Print”, 2022. 92 p.

22. Чишкала В. О., Литовченко С. В., Геворкян Е. С., Нерубацький В. П., Морозова О. М. Опанування процесів синтезу оксидних сполук з застосуванням потужного джерела швидкого нагріву вихідних інгредієнтів. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2021. Вип. 196. С. 118–128. DOI: 10.18664/1994-7852.196.2021.242226.

23. Gevorkyan E. S., Nerubatskyi V. P. Technological and scientific aspects of consolidation of refractory composites: monograph. Kharkiv: LLC “Voskhod-Print”, 2022. 73 p.

24. Dobelin N., Kleeberg R. Profex: a graphical user interface for the Rietveld refinement program BGMN. Journal of Applied Crystallography. 2015. Vol. 48, Part 5. P. 1573–1580. DOI: 10.1107/S1600576715014685.

25. Gevorkyan E. S., Sofronov D. S., Nerubatskyi V. P., Chyshkala V. O., Morozova O. M., Lebedynskyi O. M., Mateychenko P. V. A study on the formation and sintering of powders synthesized from ZrO2 micro- and nanoparticles from fluoride solutions. Journal of Superhard Materials. 2023. Vol. 45, Issue 1. P. 31–45. DOI: 10.3103/S1063457623010057.

26. Riva'i I., Wulandari I. O., Sulistyarti H., Sabarudin A. Ex-situ synthesis of polyvinyl alcohol (PVA)-coated Fe3O4 nanoparticles by coprecipitation-ultrasonication method. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2017. Vol. 299. 012065. DOI: 10.1088/1757-899X/299/1/012065.

27. Goel A., Rani N. Effect of PVP, PVA and POLE surfactants on the size of iridium nanoparticles. Open Journal of Inorganic Chemistry. 2012. Vol. 2, No. 3. P. 67–73. DOI: 10.4236/ojic.2012.23010.

28. Патент на винахід 118974 Україна, МПК C04B 35/10, C04B 35/103, C04B 35/106, C04B 35/565. Композиційний керамічний матеріал SiC-Al2O3-ZrO2 та спосіб його одержання / Е. С. Геворкян, В. О. Чишкала, О. М. Мельник, М. В. Кислиця, С. В. Литовченко, В. П. Нерубацький; власник Український державний університет залізничного транспорту. № a201607301; заявл. 05.07.2016; опубл. 10.04.2019, бюл. № 7.

29. Gevorkyan E. S., Nerubatskyi V. P., Vovk R. V., Morozova O. M., Chyshkala V. O., Gutsalenko Yu. G. Revealing thermomechanical properties of Al2O3–C–SiC composites at sintering. Functional Materials. 2022. Vol. 29, No. 2. P. 193–201. DOI: 10.15407/fm29.02.193.

30. Mamalis A. G., Nerubatskyi V. P., Gevorkyan E. S., Kislitsa M. V., Hordiienko D. A. Study of the cutting properties of a composite material based on Al2O3 with 15 wt.% SiC nanopowders. Nanotechnology Perceptions. 2023. Vol. 19, No. 1. P. 68–79. DOI: 10.4024/N01MA23A.ntp.19.01.

31. Патент на корисну модель 72841 Україна, МПК B22F 3/00. Пристрій для гарячого пресування порошків шляхом прямого пропускання електричного струму / Е. С. Геворкян, М. О. Азаренков, С. В. Литовченко, В. О. Чишкала, Л. А. Тимофеева, О. М. Мельник, Ю. Г. Гуцаленко; володілець Геворкян Едвін Спартакович. № u201203031; заявл. 15.03.2012; опубл. 27.08.2012, бюл. № 16.

32. Mamalis A. G., Hevorkian E. S., Nerybatskyi V. P., Rucki M., Krzysiak Z., Morozova O. M. Effect of nanoadditives on the properties of partially stabilized zirconia. Nanotechnology Perceptions. 2023. Vol. 19, No. 3. P. 26–46.

33. German R. M., Messing G. L., Cornwall R. G. Sintering Technology (1st Edition). CRC Press. 2020. 560 p. DOI: 10.1201/9781003067566.

34. Michalak M., Sokolowski P., Szala M., Walczak M., Latka L., Toma F. L., Bjorklund S. Wear behavior analysis of Al2O3 coatings manufactured by APS and HVOF spraying processes using powder and suspension feedstocks. Coatings. 2021. Vol. 11, Issue 8. 879. DOI: 10.3390/coatings11080879.

35. Pogrebnjak A. D., Bondar O. V., Borba S. O., Piotrowska K., Boiko O. Structure and physicomechanical properties of nanostructured (TiHfZrNbVTa)N coatings after implantation of high fluences of N+ (1018 cm−2). Acta physica polonica A. 2017. Vol. 132, No. 2. P. 217–221. DOI: 10.12693/APhysPolA.132.217.

36. Tropp M., Brumercik F., Steininger J., Weis P., Glowacz A. Heat distribution in the deep drawing device components working by high temperatures. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 393. 012075. DOI: 10.1088/1757□899X/393/1/012075.

37. Zebrowski R., Walczak M., Klepka T., Pasierbiewicz K. Effect of the shot peening on surface properties of Ti□6Al□4V alloy produced by means of DMLS technology. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability. 2019. Vol. 21, Issue 1. P. 46–53. DOI: 10.17531/ein.2019.1.6.

38. Rendtorff N. M., Suarez G., Sakka Y., Aglietti E. F. Dense mullite zirconia composites obtained from the reaction sintering of milled stoichiometric alumina zircon mixtures by SPS. Ceramics International. 2014. Vol. 40, Issue 3. P. 4461–4470. DOI: 10.1016/j.ceramint.2013.08.119.

39. Zanelli C., Dondi M., Raimondo M., Guarini G. Phase composition of alumina–mullite–zirconia refractory materials. Journal of the European Ceramic Society. 2010. Vol. 30, Issue 1. P. 29–35. DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2009.07.016.

40. Патент на корисну модель 154957 Україна, МПК C04B 35/10. Спосіб отримання композиційного матеріалу на основі оксиду алюмінію, субмікронних порошків SiO2, нанопорошків ZrO2 з підвищеними механічними властивостями / В. П. Нерубацький, Е. С. Геворкян, А. О. Ловська, Г. Л. Комарова; володілець Український державний університет залізничного транспорту. № u202204810; заявл. 19.12.2022; опубл. 10.01.2024, бюл. № 2.

41. Dai Y., Yin Y., Xu X., Jin S., Li Y., Harmuth H. Effect of the phase transformation on fracture behaviour of fused silica refractories. Journal of the European Ceramic Society. 2018. Vol. 38, Issue 16. P. 5601–5609. DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2018.08.040.

42. Патент на корисну модель 152603 Україна, МПК C04B 35/10. Спосіб виготовлення композиційного матеріалу на основі оксиду алюмінію і оксиду кремнію з високими термомеханічними властивостями / В. П. Нерубацький, Е. С. Геворкян; володілець Нерубацький Володимир Павлович. № u202202187; заявл. 27.06.2022; опубл. 22.03.2023, бюл. № 12.

43. Gevorkyan E., Cepova L., Rucki M., Nerubatskyi V., Morozow D., Zurowski W., Barsamyan V., Kouril K. Activated sintering of Cr2O3-based composites by hot pressing. Materials. 2022. Vol. 15, Issue 17. 5960. DOI: 10.3390/ma15175960.

44. Патент на корисну модель 151332 Україна, МПК C04B 35/10. Спосіб отримання композиційного матеріалу на основі карбіду кремнію для інструментального використання / Е. С. Геворкян, В. П. Нерубацький, Г. Л. Комарова, Л. В. Волошина; володілець Український державний університет залізничного транспорту. № u202107767; заявл. 29.12.2021; опубл. 06.07.2022, бюл. № 27.

45. Lourenço M. A., Cunto G. G., Figueiredo F. M., Frade J. R. Model of two-step sintering conditions for yttria-substituted zirconia powders. Materials Chemistry and Physics. 2011. Vol. 126, Issue 1–2. P. 262–271. DOI: 10.1016/j.matchemphys.2010.11.028.

46. Okuma G., Kadowaki D., Hondo T., Tanaka S., Wakai F. Interface topology for distinguishing stages of sintering. Scientific Reports. 2017. Vol. 7. 11106. DOI: 10.1038/s41598-017-11667-2.

47. Патент на корисну модель 152575 Україна, МПК C04B 35/584. Спосіб отримання композиційного інструментального матеріалу на основі нітриду кремнію з підвищеними фізико-механічними властивостями / В. П. Нерубацький, Е. С. Геворкян; володілець Нерубацький Володимир Павлович. № u202202031; заявл. 15.06.2022; опубл. 15.03.2023, бюл. № 11.

48. Krzysiak Z., Gevorkyan E., Nerubatskyi V., Rucki M., Chyshkala V., Caban J., Mazur T. Peculiarities of the phase formation during electroconsolidation of Al2O3–SiO2–ZrO2 powders mixtures. Materials. 2022. Vol. 15, Issue 17. 6073. DOI: 10.3390/ma15176073.

49. Radko I., Marhon M., Features of research of grip strength composite materials contact with electrical worn parts. Machinery and Energetics. 2016. Vol. 252. P. 176–185.

50. Gevorkyan E., Nerubatskyi V., Chyshkala V., Gutsalenko Y., Morozova O. Determining the influence of ultra-dispersed aluminum nitride impurities on the structure and physical-mechanical properties of tool ceramics. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 6, No. 12 (114). P. 40–52. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.245938.

51.Quinn G. D. Fracture toughness of ceramics by the vickers indentation crack length method: a critical review. Mechanical Properties and Performance of Engineering Ceramics II: Ceramic Engineering and Science Proceedings. 2006. Vol. 27. DOI: 10.1002/9780470291313.ch5.

52. Gevorkyan E., Nerubatskyi V., Chyshkala V., Morozova O. Revealing specific features of structure formation in composites based on nanopowders of synthesized zirconium dioxide. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 5, No. 12 (113). P. 6–19. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.242503.

53. Геворкян Е. С., Нерубацький В. П., Морозова О. М., Софронов Д. С., Чишкала В. О., Волошина Л. В. Розробка керамічних матеріалів ZrO2–CeO2 біоінженерного використання. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2022. Вип. 199. С. 6–16. DOI: 10.18664/1994-7852.199.2022.258543.

54. Mamalis A. G., Gevorkyan E. S., Prokopiv M. M., Nerubatskyi V. P., Hordiienko D. A., Morozow D., Kharchenko O. V. Peculiarities of the formation of the structure of CMCs based on Al2O3 micropowder and SiC nanopowder in the process of electrosintering. Nanotechnology Perceptions. 2023. Vol. 19, No. 2. P. 39–53.

55. Hannink R. H., Kelly P. M. Transformation toughening in zirconia□containing ceramics. Journal of the American Ceramic Society. 2000. Vol. 83, Issue 3. P. 461–487. DOI: 10.1111/j.1151-2916.2000.tb01221.x.

56. Sedmale G., Raubiska I., Krumina A., Hmelov A. Effect of illite clay additive on sintering, phase composition and properties of mullite□ZrO2 ceramics. Materials Science and Applied Chemistry. 2015. Vol. 32. P. 23–26. DOI: 10.1515/msac-2015-0004.

57. Cheremisinoff N. P. Handbook of Ceramics and Composites: Synthesis and Properties. CRC Press: Boca Raton. 2021. 654 p.

58. Чишкала В. О., Литовченко С. В., Геворкян Е. С., Нерубацький В. П., Мазілін Б. О. Дослідження особливостей консолідації антифрикційних матеріалів на основі порошкової суміші Cu–Pb–C. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2021. Вип. 198. С. 7–21. DOI: 10.18664/1994-7852.198.2021.256456.

59. Чишкала В. О., Литовченко С. В., Геворкян Е. С., Нерубацький В. П., Мазілін Б. О., Морозова О. М. Опанування та модернізація фізико-хімічних процесів синтезу оксидних сполук зі структурою пірохлору. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2021. Вип. 197. С. 82–98. DOI: 10.18664/1994-7852.197.2021.248097.

60. Toperesu P. M., Kale G. M., Daji J., Parkinson D. Development and evolution of a novel (Zr1□xSnx)O2 toughened alumina–mullite slip cast refractory: Effect of SnO2. Journal of the European Ceramic Society. 2021. Vol. 41, Issue 3. P. 2134–2144. DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2020.10.070.

61. Нові матеріали та технології їх отримання: підручник / Е. С. Геворкян, Г. Д. Семченко, Л. А. Тимофеєва, В. П. Нерубацький. Харків: «Діса плюс», 2015. 344 с.

62. Remanufacturing and Advanced Machining Processes for New Materials and Components / E. S. Gevorkyan, M. Rucki, V. P. Nerubatskyi, W. Żurowski, Z. Siemiątkowski, D. Morozow, A. G. Kharatyan. Taylor & Francis, 2022. 204 p.

63. Chandra D., Das G. C., Sengupta U., Maitra S. Studies on the reaction sintered zirconia□mullite□alumina composites with titania as additive. Ceramica. 2013. Vol. 59. P. 489–494. DOI: 10.1590/S0366□69132013000300021.

64. Chen X., Luo L., Liu L., Li J., Yu H., Li W., Chen Y. Microstructure and mechanical properties of hot□pressed Al2O3–mullite– ZrO2–SiC composites. Materials Science and Engineering: A. 2019. Vol. 740–741. P. 390–397. DOI:

10.1016/j.msea.2018.10.118.

65. Medvedovski E. Alumina–mullite ceramics for structural applications. Ceramics International. 2006. Vol. 32, Issue 4. P. 369–375. DOI: 10.1016/j.ceramint.2005.04.001.

66. Vorozhtcov V. A., Yurchenko D. A., Almjashev V. I., Slolyarova V. L. Phase Equilibriums in the Al2O3–SiO2–ZrO2 System: Calculation and Experiment. Glass Physics and Chemistry. 2021. Vol. 47, Issue 5. P. 417–426. DOI: 10.1134/S1087659621050175.

67. Нові керамічні композиційні матеріали інструментального призначення: монографія / Р. В. Вовк, Е. С. Геворкян, В. П. Нерубацький, М. М. Прокопів, В. О. Чишкала, О. М. Мельник. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. 200 с.

68. Gevorkyan E. S., Nerubatskyi V. P., Vovk R. V., Chyshkala V. O., Lytovchenko S. V., Morozova O. M., Latosińska J. N. Features of synthesis of Y2Ti2O7 ceramics for the purpose of obtaining dispersion-strengthened steels. Acta Physica Polonica A. 2022. Vol. 142, No. 4. P. 529–538. DOI: 10.12693/APhysPolA.142.529.

69. Aksel C. Mechanical properties and thermal shock behaviour of alumina-mullite-zirconia and aluminamullite refractory materials by slip casting. Ceramics International. 2003. Vol. 29, Issue 3. P. 311–316. DOI: 10.1016/S0272-8842(02)00139-6.

70. Sonntag U. Variety of ceramic roller materials: answer to increased requirements of new applications and developments. Interceram – International Ceramic Review. 2001. Vol. 50. P. 380–387.

71. Інтегровані технології обробки матеріалів: підручник / Е. С. Геворкян, Л. А. Тимофеєва, В. П. Нерубацький, О. М. Мельник. Харків: УкрДУЗТ, 2016. 238 с.

72. Mazzei A. C., Rodrigues J. A. Alumina-mullite-zirconia composites obtained by reaction sintering: Part I, Microstructure and mechanical behaviour. Journal of Materials Science. 2000. Vol. 35. P. 2807–2814. DOI: 10.1023/A:1004743001686.

73. Mazzei A. C., Rodrigues J. A., Pandolfelli V. C. Alumina-mullite-zirconia composites obtained by reaction sintering. Part II, R-Curve behavior. Journal of Materials Science. 2000. Vol. 35. P. 2815–2824. DOI: 10.1023/A:1004765326780.

74. Lee W. E., Argent B., Zhang S. Complex phase equilibria in refractories design and use. Journal of the American Ceramic Society. 2002. Vol. 85, Issue 12. P. 2911–2918. DOI: 10.1111/j.1151-2916.2002.tb00555.x.

75. Aksel C. The role of fine alumina and mullute particles on the thermomechanical behaviour of aluminamullite refractory materials. Materials Letters. 2002. Vol. 57, Issue 3. P. 708–714. DOI: 10.1016/S0167-577X(02)00858-3.

76. Aksel C. The effect of mullite on the mechanical properties and thermal shock behaviour of aluminamullite refractory materials. Ceramics International. 2003. Vol. 29, Issue 2. P. 183–188. DOI: 10.1016/S0272-8842(02)00103-7.

77. Baspinar M. S., Schulle W., Kara F. Fundamental for optimization of binding for high refractory mullite products. Key Engineering Materials. 2004. Vol. 264–268. P. 1787–1790. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.264-268.1787.

78. Nerubatskyi V. P., Gevorkyan E. S., Vovk R. V., Krzysiak Z., Nazyrov Z. F., Morozova O. M., Hordiienko D. A. Peculiarities of obtaining nanocomposites with organic additives and consolidated nanomaterials with given properties. Low Temperature Physics. 2023. Vol. 49, No. 11. P. 1283–1288. DOI: 10.1063/10.0021375.

79. 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.

80. Wollmershauser J. A., Feigelson B. N., Gorzkowski E. P., Ellis C. T., Goswami R., Qadri S. B., Tischler J. G., Kub F. J., Everett R. K. An extended hardness limit in bulk nanoceramics. Acta Materialia. 2014. Vol. 69. P. 9–16. DOI: 10.1016/j.actamat.2014.01.030.

81. Pande C. S., Cooper K. P. Nanomechanics of Hall-Petch relationship in nanocrystalline materials. Progress in Materials Science. 2009. Vol. 54, Issue 6. P. 689–706. DOI: 10.1016/j.pmatsci.2009.03.008.

82. Meyers M. A., Mishra A., Benson D. J. Mechanical properties of nanocrystalline materials. Progress in Materials Science. Sci. 2006. Vol. 51, Issue 4. P. 427–556. DOI: 10.1016/j.pmatsci.2005.08.003.

83. Armstrong R. W. Grain size dependent alumina fracture mechanics stress intensity. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. 2001. Vol. 19, Issues 4–6. P. 251–255. DOI: 10.1016/S0263-4368(01)00046-4.

84. Lytovchenko S. V., Gevorkyan E. S., Nerubatskyi V. P., Chyshkala V. O., Voloshyna L. V. A study of the peculiarities of molding and structure formation of compacted multicomponent silicide composites. Journal of Superhard Materials. 2022. Vol. 44, Issue 3. P. 176–190. DOI: 10.3103/S1063457622030054.

85. Ratov B. T., Mechnik V. A., Rucki M. Gevorkyan E. S., Bondarenko N. A., Kolodnitskyi V. M., Chishkala V. A., Kudaikulova G. A., Muzaparova A. B., Korostyshevskyi D. L. Cdiamond–(WC–Co)–ZrO2 composite materials with improved mechanical and adhesive properties. Journal of Superhard Materials. 2023. Vol. 45, Issue 2. P. 103–117. DOI: 10.3103/S1063457623020107.

86. Wollmershauser J. A., Feigelson B. N., Qadri S. B., Villalobos G. R., Hunt M., Imam M. A., Sanghera J. S. Transparent nanocrystalline spinel by room temperature high-pressure compaction. Scripta Materialia. 2013. Vol. 69, Issue 4. P. 334–337. DOI: 10.1016/j.scriptamat.2013.05.014.

87. Lajtai E. Z. A theoretical and experimental evaluation of the Griffith theory of brittle fracture. Tectonophysics. 1971. Vol. 11, Issue 2. P. 129–156. DOI: 10.1016/0040-1951(71)90060-6.

88. Tjong S. C., Chen H. Nanocrystalline materials and coatings. Materials Science and Engineering: R: Reports. 2004. Vol. 45, Issues 1–2. P. 1–88. DOI: 10.1016/j.mser.2004.07.001.

89. Gevorkyan E., Chmiel J., Wiśnicki B., Dzhuguryan T., Rucki M., Nerubatskyi V. Smart sustainable production management for city multifloor manufacturing clusters: An energy efficient approach to the choice of ceramic filter sintering technology. Energies. 2022. Vol. 15, Issue 17. 6443. DOI: 10.3390/en15176443.

90. Mohamed F. A. Deformation mechanism maps for micro-grained, ultrafine-grained and nano-grained materials. Materials Science and Engineering: A. 2011. Vol. 528, Issue 3. P. 1431–1435. DOI: 10.1016/j.msea.2010.10.048.

91. Nabarro F. R. N. Deformation of crystals by the motion of single lonsin report of a conference on the strength of solids (Bristol, U.K.). Physical Society. London, 1948. P. 75–90.

92. Herring C. Diffusional viscosity of a polycrystalline solid. Journal of Applied Physics. 1950. Vol. 21, Issue 5. P. 437–445. DOI: 10.1063/1.1699681.

93. Coble R. L. A model for boundary diffusion controlled creep in polycrystalline materials. Journal of Applied Physics. 1963. Vol. 34, Issue 6. P. 1679–1682. DOI: 10.1063/1.1702656.

94. Mohamed F. A., Li Y. Creep and superplasticity in nanocrystalline materials: current understanding and future prospects. Materials Science and Engineering: A. 2001. Vol. 298, Issue 1–2. P. 1–15. DOI: 10.1016/S0928-4931(00)00190-9.

95. Li Z., Dong Y., Li S., Xu L., Sun J. Electromigration-induced Coble creep in polycrystalline materials. Applied Physics Letters. 2007. Vol. 91, Issue 19. 191902. DOI: 10.1063/1.2805017.

96. Kim W. J. On Coble creep in Mg–9Al–1Zn alloy with ultrafine-grained microstructure. Scripta Materialia. 2008. Vol. 58, Issue 8. P. 659–662. DOI: 10.1016/j.scriptamat.2007.11.038.

97. Zhang J. Y., Sha Z. D., Branicio P. S., Zhang Y. W., Sorkin V., Peia Q. X., Srolovitz D. J. Superplastic nanocrystalline ceramics at room temperature and high strain rates. Scripta Materialia. 2013. Vol. 69, Issue 7. P. 525–528. DOI: 10.1016/j.scriptamat.2013.06.017.

98. Palmero P. Structural ceramic nanocomposites: a review of properties and powders' synthesis methods. Nanomaterials. 2015. Vol. 5, Issue 2. P. 656–696. DOI: 10.3390/nano5020656.

99. Li J., Ye Y. Densification and grain growth of Al2O3 nanoceramics during pressureless sintering. Journal of the American Ceramic Society. 2006. Vol. 89, Issue 1. P. 139–143. DOI: 10.1111/j.1551-2916.2005.00654.x.

100. Smit W. A., Vertogen G. Zener theory. Physical Review B. 1971. Vol. 4. 2249. DOI: 10.1103/PhysRevB.4.2249.

101. Lame O., Bouvard D., Wiedemann H. Anisotropic shrinkage and gravity induced creep during sintering of steel powder compacts. Powder Metallurgy. 2002. Vol. 45, Issue 2. P. 181–185. DOI: 10.1179/pom.2002.45.2.181.

102. Rios P. R., Fonseca G. S. Grain boundary curvature and particle pinning in an Al–1mass%Mn alloy. Scripta Materialia. 2004. Vol. 50, Issue 11. P. 1373–1377. DOI: 10.1016/j.scriptamat.2004.02.041.

103. Fang Z. Z., Wang H., Kumar V. Coarsening, densification, and grain growth during sintering of nano-sized powders – A perspective. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. 2017. Vol. 62, Part B. P. 110–117. DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2016.09.004.

104. Мечник В. А., Нерубацький В. П., Геворкян Е. С. Композиційні алмазовмісні матеріали для породоруйнівного інструменту: монографія. Харків: Видавець Мачулін Л. І., 2023. 298 с.

105. Pizzagalli L., David M.-L. Surface stress calculations for nanoparticles and cavities in aluminum, silicon, and iron: influence of pressure and validity of the Young-Laplace equation. Materials Theory. 2021. Vol. 5. DOI: 10.1186/s41313-021-00028-2.

106. Porter D. A., Easterling K. E. Phase transformations in metals and alloys, second edituion. Springer-Science+Business Media, B.Y. 1992. DOI: 10.1007/978-1-4899-3051-4.

107. Hansen J. D., Rusin R. P., Teng M. H., Johnson D. L. Combined-stage sintering model. Journal of the American Ceramic Society. 1992. Vol. 75, Issue 5. P. 1129–1135. DOI: 10.1111/j.1151-2916.1992.tb05549.x.

108. Sutharsini U., Thanihaichelvan M., Singh R. Two-step sintering of ceramics. In book: Sintering of Functional Materials. 2018. Chapter 1. P. 3–21. DOI: 10.5772/68083.

109. Lóh N. J., Simão L., Faller C. A., De Noni Jr A., Montedo O. R. K. A review of two-step sintering for ceramics. Ceramics International. 2016. Vol. 42, Issue 11. P. 12556–12572. DOI: 10.1016/j.ceramint.2016.05.065.

110. Solc M., Kotus M., Grambalova E., Kliment J., Palfy P. Impact of corrosion effect on the quality and safety of refractory materials. Material science. 2019. Vol. 1, Issue 1. P. 760–767. DOI: 10.2478/czoto-2019-0097.

111. Gevorkyan E. S., Nerubatskyi V. P., Chyshkala V. O., Morozova O. M. Cutting composite material based on nanopowders of aluminum oxide and tungsten monocarbide. Modern engineering and innovative technologies. 2021. Issue 15, Part 2. P. 6–14. DOI: 10.30890/2567-5273.2021-15-02-020.

112. Berrada N., Desforges A., Bellouard C., Flahaut E., Gleize J., Ghanbaja J., Vigolo B. Protecting carbon nanotubes from oxidation for selective carbon impurity elimination. The Journal of Physical Chemistry C. 2019. Vol. 123, Issue 23. P. 14725–14733. DOI: 10.1021/acs.jpcc.8b12554.

113. Gevorkyan E., Rucki M., Nerubatskyi V., Siemiatkowski Z., Morozow D., Komarova H. Theoretical model of the densification during hot pressing and its verification. In: Gapiński B., Ciszak O., Ivanov V. (Eds.): Advances in Manufacturing III. Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2022. Vol. 1. P. 113–123. DOI: 10.1007/978-3-031-00805-4_10.

114. Memarpour A., Brabie V., Jonsson P. Studies of effect of glass/silicon powder coatings on clogging behaviour of submerged entry nozzles when using REM alloyed stainless steels. Ironmaking & Steelmaking. 2011. Vol. 38, Issue 3. P. 229–239. DOI: 10.1179/1743281210Y.0000000005.

115. Геворкян Е. С., Нерубацький В. П., Гордієнко Д. А. Розробка технологічних основ консолідації синтезованих нанорозмірних та субмікронних порошків для плит броньового захисту. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Стан та перспективи розвитку електричного транспорту»

(Харків, ХНУМГ імені О. М. Бекетова, 23–25 листопада 2022 р.). Харків: ХНУМГ імені О. М. Бекетова, 2022. С. 50–52.

116. Yuan X., Qu X., Yin H., Feng Z.; Tang M., Yan Z., Tan Z. Effects of sintering temperature on densification, microstructure and mechanical properties of al-based alloy by high-velocity compaction. Metals. 2021. Vol. 11, No. 2. 218. DOI: 10.3390/met11020218.

117. Gevorkyan E., Rucki M., Salacinski T., Siemiatkowski Z., Nerubatskyi V., Kucharczyk W., Chrzanowski Ja., Gutsalenko Yu., Nejman M. Feasibility of cobalt-free nanostructured WC cutting inserts for machining of a TiC/Fe composite. Materials. 2021. Vol. 14, Issue 12. DOI: 10.3390/ma14123432.

118. Kudzma A., Skamat J., Stonys R., Krasnikovs A., Kuznetsov D., Girskas G., Antonovic V. Study on the effect of graphene oxide with low oxygen content on portland cement based composites. Materials. 2019. Vol. 12, Issue 5, 802. DOI: 10.3390/ma12050802.

119. Dodi E., Balak Z., Kafashan H. HfB2-doped ZrB2-30 vol.% SiC composites: oxidation resistance behavior. Materials Research Express. 2021. Vol. 8, No. 4. DOI: 10.1088/2053-1591/abdf1a/pdf.

120. Peyvandi A., Soroushian P., Abdol N., Balachandra A. M. Surface-modified graphite nanomaterials for improved reinforcement efficiency in cementitious paste. Carbon. 2013. Vol. 63. P. 175–186. DOI: 10.1016/j.carbon.2013.06.069.

121. Gevorkyan E. S., Rucki M., Kagramanyan A. A., Nerubatskiy V. P. Composite material for instrumental applications based on micro powder Al2O3 with additives nano-powder SiC. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. 2019. Vol. 82. P. 336–339. DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2019.05.010.

122. Obiukwu O., Udeani H., Ubani P. The effect of heat treatment on the mechanical properties of SAE 1035 steel. International Journal of Engineering and Technologies. 2016. Vol. 8. P. 32–43. DOI: 10.18052/www.scipress.com/IJET.8.32.

123. Luz A. P., Salomao R., Bitencourt C. S., Renda C. G., Lucas A. A., Aneziris C. G., Pandolfelli V. C. Thermosetting resins for carbon-containing refractories: Theoretical basis and novel insights. Open Ceramics. 2020. Vol. 3. 100025. DOI: 10.1016/j.oceram.2020.100025.

124. Milosan I., Bedo T., Gabor C., Munteanu D., Pop M. A., Catana D., Cosnita M., Varga B. Characterization of Aluminum Alloy–Silicon Carbide Functionally Graded Materials Developed by Centrifugal Casting Process. Applied Sciences. 2021. Vol. 11, No. 4. 1625. DOI: 10.3390/app11041625.

125. Matei S., Stoicanescu M., Bela V., Tiron E., Crisan A. Bentonite-based composites with ceramic and metallic powders additions for use as filters. Advances in Mechanical Engineering. 2021. Vol. 13, Issue 4. P. 1–15. DOI: 10.1177/16878140211011888.

126. Gevorkyan E., Mamalis A., Vovk R., Semiatkowski Z., Morozow D., Nerubatskyi V., Morozova O. M. Special features of manufacturing cutting inserts from nanocomposite material Al2O3–SiC. Journal of Instrumentation. 2021. Vol. 16, No. 10. P10015. DOI: 10.1088/1748-0221/16/10/P10015.

127. Riquelme A., Rodrigo P., Escalera-Rodriguez M. D., Rams J. Corrosion resistance of Al/SiC laser cladding coatings on AA6082. Coatings. 2020. Vol. 10, Issue 7. 673. DOI: 10.3390/coatings10070673.

128. Lobach K., Kupriiyanova Y., Kolodiy I., Sayenko S., Shkuropatenko V., Voyevodin V., Zykova A., Bykov A., Chunyayev O., Tovazhnyanskyy L. Optimisation of properties of silicon carbide ceramics with the use of different additives. Functional Materials. 2018. Vol. 25, Issue 3. P. 496–504. DOI: 10.15407/fm25.03.496.

129. Fernandes L., Salomao R. Preparation and characterization of mullite-alumina structures formed "in situ" from calcined alumina and different grades of synthetic amorphous silica. Materials Research. 2018. Vol. 21, Issue 3. DOI: 10.1590/1980-5373-MR-2017-0783.

130. Gevorkyan E., Rucki M., Krzysiak Z., Chishkala V., Zurowski W., Kucharczyk W., Barsamyan V., Nerubatskyi V., Mazur T., Morozow D., Siemiatkowski Z., Caban J. Analysis of the electroconsolidation process of fine-dispersed structures out of hot pressed Al2O3–WC nanopowders. Materials. 2021. Vol. 14, Issue 21. 6503. DOI: 10.3390/ma14216503.

131. Gevorkyan E. S., Nerubatskyi V. P., Chyshkala V. O., Morozova O. M. Aluminum oxide nanopowders sintering at hot pressing using direct current. Modern scientific researches. 2020. Issue 14, Part 1. P. 12–18. DOI: 10.30889/2523-4692.2020-14-01-002.

132. Ludwig S., Roungos V., Aneziris C. G. Properties of Self-Glazing Al2O3-C Refractories Influenced by the Graphite Content and Nanoscaled Additives. International Journal of Applied Ceramic Technology. 2014. Vol. 11, Issue 6. P. 961–967. DOI: 10.1111/ijac.12328.

133. Liao N., Li Y., Shan J., Zhu T., Sang S., Jia D. Improved oxidation resistance of expanded graphite through nano SiC coating. Ceramics International. 2018. Vol. 44, Issue 3. P. 3319–3325. DOI: 10.1016/j.ceramint.2017.11.11.

134. Bahtli T., Bostanci V. M., Hopa D. Y., Yasti S. Y. The effect of carbon sources on the thermal shock properties of MgO-C refractories. Universal Journal of Materials Science. 2018. Vol. 6, Issue 5. P. 139–147. DOI: 10.13189/ujms.2018.060501.

135. Gevorkyan E. S., Morozova O. M., Sofronov D. S., Nerubatskyi V. P., Chyshkala V. O., Lebedynskyi O. M., Rucki M., Mateychenko P. V. Study of formation and sintering of synthesized ZrO2 powders from fluoride solutions. Abstracts of the 3nd International Scientific and Technical Conference “Intelligent Transport Technologies” (Kharkiv, USURT, November 22–23, 2022). Kharkiv: USURT, 2022. P. 201–203.

136. Sevener K. M., Tracy J. M., Chen Z., Kiser J. D., Daly S. Crack opening behavior in ceramic matrix composites. Journal of the American Ceramic Society. 2017. Vol. 100, Issue 10. P. 4734–4747. DOI: 10.1111/jace.14976.

137. Gevorkyan E. S., Nerubatskyi V. P., Vovk R. V., Chyshkala V. O., Kislitsa M. V. Structure formation in silicon carbide – alumina composites during electroconsolidation. Journal of Superhard Materials. 2022. Vol. 44, Issue 5. P. 339–349. DOI: 10.3103/S1063457622050033.

138. Gevorkyan E., Nerubatskyi V., Gutsalenko Yu., Melnik O., Voloshyna L. Examination of patterns in obtaining porous structures from submicron aluminum oxide powder and its mixtures. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 6, No. 6 (108). P. 41–49. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.216733.

139. Chyshkala V. O., Lytovchenko S. V., Gevorkyan E. S., Nerubatskyi V. P., Morozova O. M. Structural phase processes in multicomponent metal ceramic oxide materials based on the system Y–Ti–Zr–O (Y2O3–TiO2–ZrO2). SWorldJournal. 2021. Issue 7. Part 1. P. 17–32. DOI: 10.30888/2663-5712.2021-07-01-008.

140. Zeraati M., Tahmasebi K., Irannejad A. Formation of SiC Nanocrystals Prepared by Sol-gel Processing of Green Carbon Sources and DFT Calculations. Journal of Nanostructures. 2020. Vol. 10, Issue 3. P. 660–670. DOI: 10.22052/JNS.2020.03.019.

141. Li S., Cui H., Ma Q., Liu X., Wang Y., Shang L., Zheng Y. The one-step pyrolysis process of rattan-based silicon carbide multiphase ceramics prepared by sol-gel method. Journal of Wood Science. 2021. Vol. 67, No. 58. DOI: 10.1186/s10086-021-01991-7.

142. Gevorkyan E. S., Nerubatskyi V. P., Vovk R. V., Szumiata T., Hordiienko D. A., Gzik-Szumiata M. Thermodynamic features of the synthesis of high-density ceramic-metal materials “chromium oxide–chromium” from mixtures “chromium oxide–carbon” in the process of hot pressing. Low Temperature Physics. 2023. Vol. 49, No. 4. P. 419–426. DOI: 10.1063/10.0017575.

143. Hevorkian E. S., Nerubatskyi V. P., Vovk R. V., Szumiata T., Latosińska J. N. Foamy ceramic filters and new possibilities of their applications. Ceramics International. 2024. Vol. 50, Issue 4. P. 6961–6968. DOI: 10.1016/j.ceramint.2023.12.046.

144. Нерубацький В. П., Геворкян Е. С., Зінченко О. Є., Гордієнко Д. А., Морозова О. М. Особливості підвищення енергоефективності високотемпературних промислових печей із резистивним нагріванням. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2023. Вип. 203. С. 6–18. DOI: 10.18664/1994-7852.203.2023.277882.

145. Jamin C. C. Constrained sintering of patterned ceramic films on stiff substrates. Darmstadt: Technischen Universität Darmstadt, 2014. 156 p.

146. German R. M. Sintering theory and practice. 1st ed. New York: Willey, 1996. 568 p.

147. Coble R. L. Effects of particle-size distribution in initial-stage. Journal of the American Ceramic Society. 1973. No. 56. P. 461–466.

148. Nerubatskyi V. P., Vovk R. V., Gzik-Szumiata M., Gevorkyan E. S. Investigation of the effect of silicon carbide nanoadditives on the structure and properties of microfine corundum during electroconsolidation. Low Temperature Physics. 2023. Vol. 49, No. 4. P. 540–546. DOI: 10.1063/10.0017596.

149. Siemiatkowski Z., Morozow D., Rucki M., Prokopiv M., Nerubatskyi V., Voloshina L., Hevorkian E. Study in durability of Cr2O3-based ceramic cutting tools. 22nd International Scientific Conference “Engineering for Rural Development”. 2023. P. 269–274. DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF054.

150. 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.

151. Mamalis A. G., Hevorkian E. S., Nerubatskyi V. P., Krzysiak Z., Morozova O. M., Chalko L. Peculiarities of obtaining nanostructured materials compacted by the method of hot pressing due to the passage of direct electric current. Nanotechnology Perceptions. 2024. Vol. 20, No. 1. P. 61–71.

X. Заключні відомості

Керівник юридичної особи

Панченко Сергій Володимирович
д. т. н., 05.22.20

Перелік осіб-виконавців

Борзяк Ольга Сергіївна
(д.т.н., 05.23.05)

Волошина Людмила Володимирівна
(к. т. н., 05.02.01)

Галагуря Євгеній Іванович
(к. т. н.)

Гордієнко Денис Анатолійович

Звєрєва Аліна Сергіївна
(к. т. н.)

Зінченко Олена Євгенівна
(к. т. н.)

Калінін Олег Анатолійович
(к.т.н., 05.23.05)

Комарова Ганна Леонідівна
(к.т.н., 05.02.01)

Кравців Лариса Богданівна
(к. т. н.)

Лебединський Олексій Михайлович
(к. ф.-м. н., 01.04.10)

Лобяк Олексій Вікторович
(к.т.н., 05.23.01)

Морозова Оксана Миколаївна

Нерубацький Володимир Павлович
(к. т. н., 05.22.09)

Новікова Марія Андріївна

Панченко Сергій Володимирович
(д. т. н., 05.22.20)

Партала Наталія Миколаївна

Петрушенко Сергій Іванович
(к. ф.-м. н., 01.04.07)

Плугін Андрій Аркадійович
(д. т. н., 05.23.05)

Плугін Дмитро Артурович
(д. т. н., 05.23.05)

Подопригора Ірина Олександрівна

Равлюк Василь Григорович
(к. т. н., 05.22.07)

Цибульник Владислав Романович

Чишкала Володимир Олексійович
(к. т. н.)

Шевченко Ірина Іванівна

Шкурпела Олександра Володимирівна

Відповідальний за підготовку облікових документів Нерубацький Володимир Павлович

Телефон +38 (057) 730-10-76

Реєстратор

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності