Облікова картка ДіР

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0225U001470

Державний реєстраційний номер: 0122U001556

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 01-02-2025

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 1

Назва етапу: Високотемпературні композиційні керамічні матеріали армовані високоентропійними сплавами на основі боридів перехідних металів

Початок етапу: 01.2022

Закінчення етапу: 12.2024

Вид звітного документа: Остаточний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, м. Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380442367989, 380442044862, 380442049494

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): 220 1020

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 1622.000

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Високотемпературні композиційні керамічні матеріали армовані високоентропійними сплавами на основі боридів перехідних металів

Назва роботи англійською:

High-temperature composite ceramic materials reinforced with high-entropy alloys based on transition metal borides

Реферат українською:

У науково-дослідній роботі проведені дослідження закономірностей структуроутворення евтектичних сплавів на основі карбідів бору та кремнію спрямовано закристалізованих, в умовах безтигельної зонної плавки неспечених порошкових пресовок, високоентропійними диборидами перехідних металів. Встановлено, що мікроструктура отриманих композитів у всьому діапазоні швидкостей вирощування (1 – 4 мм/хв) представляє собою матрицю з карбіду бору або карбіду кремнію, рівномірно спрямовано армовану в напрямку вирощування кристалів високоентропійним боридом на основі сумішей відповідних диборидів перехідних металів. Методами комп'ютерного моделювання та рентгеноструктурного аналізу досліджено вплив кінетичних параметрів безтигельної зонної плавки на величину залишкових макро- та мікронапружень в матеріалі. Експериментально встановлені мікро- та макромеханічні характеристики отриманих спрямовано армованих композитів. Проаналізовані основні механізми зміцнення в широкому інтервалі температур від кімнатної до 1600 оС. Встановлено, що при близьких до кімнатної температурах основний вклад вносять механізми зміцнення, що пов'язані з наявністю залишкових внутрішніх напружень у керамічних композитах, які виникають завдяки різниці коефіцієнтів термічного розширення матеріалів матриці і армуючої фази. При високих температурах основний вклад мають механізми зміцнення пов'язані з пластичністю фазових складових.

Реферат англійською:

In the research work, the regularities of the structure formation of eutectic alloys based on boron and silicon carbides directionally crystallized, under crucible-free zone melting conditions of unsintered powder compacts, with high-entropy transition metal diborides were studied. It was established that the microstructure of the obtained composites in the entire range of growth rates (1 - 4 mm/min) represents a matrix of boron carbide or silicon carbide, uniformly directionally reinforced in the direction of crystal growth with high-entropy boride based on mixtures of the corresponding transition metal diborides. The influence of the kinetic parameters of crucible-free zone melting on the magnitude of residual macro- and microstresses in the material was investigated using computer modeling and X-ray structural analysis. The micro- and macromechanical characteristics of the obtained directionally reinforced composites were experimentally established. The main strengthening mechanisms were analyzed in a wide temperature range from room temperature to 1600 °C. It was found that at temperatures close to room temperature, the main contribution is made by strengthening mechanisms associated with the presence of residual internal stresses in ceramic composites, which increase due to the difference in the coefficients of thermal expansion of the matrix materials and the reinforcing phase. At high temperatures, the main contribution is made by strengthening mechanisms associated with the plasticity of the phase components. Analysis of the mechanisms of the emergence of covalent components of interatomic bonds in high-entropy transition metal diborides showed that for refractory d-transition metals, strong interatomic bonds are a consequence of the emergence of covalent components during overlapping localized d-orbitals along them.

Індекс УДК: 669:621.315.562, 669:621.315.562

Коди тематичних рубрик: 53.39.31

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Богомол Юрій Іванович

Науковий ступінь: д. т. н.

Вчене звання: професор

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

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

Назва НТП українською: Високотемпературні композиційні керамічні матеріали армовані високоентропійними сплавами

Назва НТП англійською: High-temperature composite ceramic materials reinforced with high-entropy alloys

НТП, яку передбачалося створити:

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Матеріали

Галузь застосування: Машинобудування, авіакосмічна техніка

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Розробка спрямована на отримання нових матеріалів для екстремальних умов експлуатації, особливо для ультрависоких температур у авіакосмічній сфері. За основу взяті керамічні тугоплавкі сполуки: бориди, карбіди та силіциди, а особливо спрямовано закристалізовані евтектичні сплави на їх основі, які завдяки високій міцності і структурній досконалості міжфазних границь, мають підвищені механічні властивості як при кімнатних, так і при підвищених температурах. Особливістю розробки є те, що з метою підвищення високотемпературних властивостей композиційних матеріалів в якості армуючої фази було обрано високоентропійні сплави на основі боридів перехідних металів. Досліджено закономірності структуроутворення евтектичних сплавів на основі карбідів бору та кремнію спрямовано закристалізованих, в умовах безтигельної зонної плавки неспечених порошкових пресовок, високоентропійними диборидами перехідних металів. Методами комп'ютерного моделювання та рентгеноструктурного аналізу досліджено вплив кінетичних параметрів безтигельної зонної плавки на величину залишкових макронапружень та мікронапружень в матеріалі. Експериментально встановлені мікро- та макромеханічні характеристики отриманих спрямовано армованих композитів. Проаналізовані основні механізми зміцнення в широкому інтервалі температур від кімнатної до 1600 оС. Встановлено, що при близьких до кімнатної температурах основний вклад у механічну поведінку отриманих спрямовано армованих композиційних матеріалів вносять механізми зміцнення, що пов'язані з наявністю залишкових внутрішніх напружень у керамічних композитах, які виникають завдяки різниці коефіцієнтів термічного розширення матеріалів матриці і армуючої фази. При високих температурах основний вклад мають механізми пов'язані з пластичністю фазових складових.

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

Вплив НТП на довкілля:

Впровадження НТП: Не впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу:

Закінчення етапу:

Споживачі продукції:

Перспективні ринки:

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. Ферхатли Е.Р., Ковальська А.В., Богомол Ю.І. Мікроструктура та мікромеханічні властивості спрямовано закристалізованих сплавів системи B4C–(TixZr1-x)B2 / Надтверді матеріали. №2, 2022, С. 50-57. http://www.ism.kiev.ua/stm/index.php?i=158 (Scopus Q3).

2. I. Solodkyi, S. Teslia, O. Bezdorozhev, I. Trosnikova, O.Yurkova, I. Bogomol, P. Loboda Hardmetals prepared from WC-W2C eutectic particles and AlCrFeCoNiV high entropy alloy as a binder, Vacuum, Volume 195, 2022, 110630. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0042207X21005789?via%3Dihub (Scopus Q1).

3. Упатов М.І., Єфіменко М.Ю., Влегуелс Д., Богомол Ю.І. Спрямовано закристалізований трифазний евтектичний композит системи B4C–TaB2–SiC / Надтверді матеріали. №1, 2022, С. 27-35. https://link.springer.com/article/10.3103/S1063457622010087 (Scopus Q3).

4. S. Teslia, I. Solodkyi, O. Bezdorozhev, O.Yurkova, I. Bogomol, P. Loboda Phase compatibility in (WC-W2C)/AlFeCoNiCrTi composite produced by spark plasma sintering. Journal of Alloys and Compounds, Volume 921, 2022, P. 166042. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925838822024331?via%3Dihub (Scopus Q1).

5. The Structure and Mechanical Properties of WC–8 wt.% Co Hardmetal Produced by Cold and Hot Isostatic Pressing / G.Ya. Akimov, I.V. Andreev, V.I. Sheremet, I.Yu. Trosnikova, P.I. Loboda, T.O. Kosenchuk // Powder Metallurgy and Metal Ceramics. – 2022. – Vol. 61. – № 1-2. – P. 9-17. 10.1007/s11106-022-00290-0 (Scopus Q3).

6. Julia Becker, Danio Breuer, Iurii Bogomol, Manja Krüger Enhanced fracture toughness and high-temperature strength of directionally solidified Mo-XC alloys. Crystals, 12, 2022, P. 1534. https://www.mdpi.com/2073-4352/12/11/1534/htm (Scopus Q2).

7. Дуань Маньтан, Солодкий Є.В., Богомол Ю.І. Стан та перспективи розвитку досліджень по виготовленню високоентропійної боридної кераміки (Огляд) // Надтверді матеріали, №6, 2023, С. 37-48. (Mantang Duan, I. V. Solodkyi, and Y. I. Bogomol Recent Advancements in the Synthesis of High-Entropy Boride Ceramics: A Review / Journal of Superhard Materials, 2023, Vol. 45, No. 6, pp. 434–443.) https://link.springer.com/article/10.3103/S1063457623060023 (Scopus Q3).

8. Effect of thermal motion of transverse domain wall on thermodynamic states of cylindrical iron nanowire Shevchenko A.B., Barabash M.Yu., Oliinyk O.V., Stepanov O.V. Results in Physics. Volume 44, 2023, 106133. https://doi.org/10.1016/j.rinp.2022.106133 (Scopus Q2).

9. S.Yu. Teslia, O.S. Kucher, I.I. Bogomol, P.I. Loboda, and I.V. Solodkyi Induction zone sintering of WC–8Co hard alloy. Materials Science, Vol. 59, No. 5, 2024, P. 638-643. https://doi.org/10.1007/s11003-024-00821-7 (Scopus Q3).

10. Iurii Bogomol, Elmira Ferkhatly, Serhii Ponomarchuk, Yaroslav Zaulychnyi, Myroslav Karpets, Ievgen Solodkyi Ceramic Eutectic Composites Based on B4C Directionally Reinforced by High-entropy (TiZrHfNbTa)B2 boride Journal of the European Ceramic Society. Volume 44, Issue 1, 2024, P. 51-57. https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2023.08.028 (Scopus Q1).

11. Hülya Biçer, Mustafa Tuncer, Hasan Göçmez, Iurii Bogomol, Valerii Kolesnichenko, and Andrey Ragulya Spark Plasma Sintering of Boron Carbide Using Ti3SiC2 as a Sintering Additive / Journal Wuhan University of Technology, Materials Science Edition, 2024, Volume 39, pages 645–650. https: //doi.org/10.1007/s11595-024-2921-72921-7 (Scopus Q3).

12. Рєзнік Д.О., Палагеча Д.Л., Кривенко К.В., Пономарчук С.Г., Зауличний Я.В., Степанов О.В., Леонов Д.С., Богомол Ю.І. Керамічний композит на основі карбіду бору спрямовано армований на мезорівні високоентропійним диборидом перехідних металів / Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології (Nanosistemi, Nanomateriali, Nanotehnologii) 2024, т. 22, № 2, С. 249–260. https://doi.org/10.15407/nnn.22.02.249, https://www.imp.kiev.ua/nanosys/media/pdf/2024/2/nano_vol22_iss2_2024.pdf (Scopus Q4).

13. Effect of Cold Isostatic Pressing and VC Grain Growth Inhibitor Addition on WC Grain Size and Mechanical Properties of WC-8Co Cemented Carbide / G.Ya. Akimov, V.I. Sheremet, I.V. Andreev, I.Yu. Trosnikova, T.O. Kosenchuk, P.I. Loboda // Journal of Mechanical Engineering. – 2024. – Vol. 21. – № 2. – P. 23-35. 10.24191/jmeche.v21i2.26252 (Scopus Q4)

14. Cold Isostatic Pressing Effect on the WC-15 wt.% Co Hard Alloy Strength / V.I. Sheremet, G.Ya. Akimov, I.V. Andreev, I.Yu. Trosnikova, P.I. Loboda // Strength of Materials. – 2024. – Vol 56. – № 3. – P. 551-558. 10.1007/s11223-024-00670-4 (Scopus Q4)

15. Дуань Маньтан, В.Т. Мосяк, Д.Л. Палагеча, К.В. Кривенко, С.Г. Пономарчук, Д.О. Рєзнік, Я.В. Зауличний, О.В. Степанов, Д.С. Леонов, М.Ю. Барабаш, Ю.І. Богомол Структура та властивості композиційного матеріалу на основі карбіду кремнію армованого на мезорівні високоентропійним диборидом / Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології (Nanosistemi, Nanomateriali, Nanotehnologii) 2024, т. 22, № 4, С. 1001-1013. https://doi.org/10.15407/nnn.22.04.1001, (Scopus Q4).

16. Ya. Zaulychnyy, E. Bolen, M. Karpets, S. Petrovska, O. Khyzhun, E. Deligoz and H. Ozisik Transformation of bonds and redistribution of partial states of valence electrons at □(C23)-WGe2□□(C11b)-WGe2 high-pressure polymorphic transformation. Physica Scripta, №98, (2023), P. 055936. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1402-4896/accc5d (Scopus Q2).

17. Mantang Duan, Iurii Bogomol SiC-(Ti0.2Zr0.2Hf0.2Nb0.2Ta0.2)B2 composite ceramics prepared by fast hot-press sintering. Journal of the Australian Ceramic Society, 2025, under review.

1. Заявка на видачу патенту на винахід a2023 04888 від 17.10.2023 Високотемпературний композиційний сплав на основі карбіду бору. Богомол Ю.І., Ферхатли Е.Р., Пономарчук С.Г., Троснікова І.Ю.

2. Заявка на видачу патенту на корисну модель № u 2024 04866 Спосіб отримання композиційного матеріалу на основі карбіду бору армованого високоентропійним боридом Богомол Ю.І., Рєзнік Д.О., Пономарчук С.Г., Кривенко К.В., Палагеча Д.Л. Дата подання 11.10.2024.

X. Заключні відомості

Керівник юридичної особи

Стіренко Сергій Григорович
д. т. н.

Перелік осіб-виконавців

Зауличний Ярослав Васильович
(д.ф.-м.н., 01.04.07)

Коваленко Микита Вікторович

Пономарчук Сергій Георгійович

Солодка Тетяна Вікторівна

Степанов Олег Васильович
(к.т.н., 05.16.06)

Упатов Микита Ігорович

Шеремет Віталій Ігорович

Щербатюк Артем Олегович

Відповідальний за підготовку облікових документів

Богомол Юрій Іванович

Телефон

+38 (067) 220-94-09

Реєстратор

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності

