

Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0222U004604

Державний реєстраційний номер: 0117U000258

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 19-09-2022

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 1

Назва етапу: Розробка оксидних матеріалів на основі ZrO_2 , комплексно легованого оксидами гадолінію, лантану, ітрію, церію для створення нового покоління теплозахисних покриттів на деталях газотурбінних двигунів

Початок етапу: 01.2017

Закінчення етапу: 12.2021

Вид звітнього документа: Остаточний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416930

Місцезнаходження: вул. Кржижановського, буд. 3, м. Київ, Київська обл., 03142, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380443908751, 380443908757, 380442057901, 380444241524, 380444242271, 380444242131

IV. Відомості про співвиконавців ДіР

V. Відомості про замовника ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Національна академія наук України

Код за ЄДРПОУ: 00019270

Місцезнаходження: вул. Володимирська, буд. 54, м. Київ, Київська обл., 01030, Україна

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380442350981, 380442262341, (044) 239-66-72, 2343243, www.nas.gov.ua

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)

Напрямок фінансування: 2.1 - фундаментальні дослідження

Джерела фінансування

7713 - кошти держбюджету

Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК): 6541030

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 2348.720

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Розробка оксидних матеріалів на основі ZrO_2 , комплексно легованого оксидами гадолінію, лантану, ітрію, церію для створення нового покоління теплозахисних покриттів на деталях газотурбінних двигунів

Назва роботи англійською:

Designing of oxide materials based on ZrO_2 , doped with the oxides of gadolinium, lanthanum, yttrium, cerium for a new generation of thermal barrier coatings on the gas-turbine engine parts.

Реферат українською:

Мета роботи: Створення фізико-хімічних основ мікроструктурного проектування та розробка високовогнетривких теплозахисних покриттів на основі ZrO_2 , комплексно легованого оксидами ітрію та лантаноксидів. Вперше для створення керамічного шару на основі ZrO_2 термобар'єрних покриттів методом електронно-променевого випаровування-конденсації (ЕВ-РВД) використано концентрати оксидів рідкісно-земельних елементів (РЗЕ) природного походження церієвої та ітрієвої підгруп. Проведено аналіз сучасних розробок в галузі створення термобар'єрних покриттів (ТБП) та визначено перспективність високоентропійних та складно-композиційних матеріалів на основі ZrO_2 , легованого нерозділеною сумішшю оксидів РЗЕ для мікроструктурного проектування керамічного шару ТБП. Проаналізовано характер взаємодії між оксидами лантаноксидів у кожній підгрупі на основі відомих діаграм стану та створено теоретичні діаграми стану систем $Ln_2O_3 - LnI_2O_3$ та $Ln_2O_3 - Y_2O_3$. Розроблено основи технології одержання мішеней ($d = 68,5 \pm 0,5$ мм, $h = 55 \pm 5$ мм) з порошків на основі ZrO_2 та концентратів оксидів рідкісно-земельних елементів (РЗЕ) і визначено оптимальні параметри нанесення новітніх покриттів методом ЕВ-РВД. Вивчено структуру і фазовий склад внутрішнього жаростійкого шару ТБП зі сплаву $NiCrAlY$ та режим формування дифузійного бар'єрного шару на межі "внутрішній металевий жаростійкий шар / зовнішній керамічний шар" двошарового термобар'єрного покриття. Вперше одержано та досліджено двошарові термобар'єрні покриття метал / кераміка, осаджені за один технологічний цикл на лопатки першої ступені турбіни ЗМКБ «Прогрес» методом ЕВ-РВД. Визначено особливості утворення ламінарної мікроструктури новітніх покриттів в залежності від їх складу. Встановлено, що мікротвердість новітніх покриттів нижча, ніж у стандартного, але їх термоциклічна довговічність на 16 % вища, ніж у стандартного покриття системи $ZrO_2 - Y_2O_3$.

Реферат англійською:

Objective of research: creation of physico-chemical bases of microstructural design and development of high-strength heat-protective coatings based on ZrO_2 , complex doped with yttrium oxides and lanthanides. For the first time, concentrates of oxides of rare earth elements (REE) of natural origin of cerium and yttrium subgroups were used to create a ceramic layer based on ZrO_2 thermal barriers and electron beam evaporation-condensation coatings (EB-PVD). The analysis of modern developments in the field of thermobarrier coatings (TBP) and the prospects of high-entropy and complex composite materials based on ZrO_2 doped with a mixture of REE oxides for microstructural design of TBP ceramic layer. The nature of the interaction between lanthanide oxides in each subgroup is analyzed on the basis of known phase diagrams and theoretical $Ln_2O_3 - LnI_2O_3$ and $Ln_2O_3 - Y_2O_3$ phase diagrams are constructed. The technology basics of obtaining targets ($d = 68.5 \pm 0.5$ mm, $h = 55 \pm 5$ mm) from powders based on ZrO_2 have been developed and the optimal parameters for depositing the modern coatings by EB-PVD method have been determined. The structure and phase composition of the inner heat-resistant TBP layer of $NiCrAlY$ alloy and the mode of formation of the diffusion barrier layer at the boundary of the inner metal heat-resistant layer / outer ceramic layer of the two-layer thermobarrier coating were studied. For the first time, two-layer metal/ceramics thermobarrier coatings, deposited in one technological cycle on the first stage blades of the ZMKB "Progress" turbine by EB-PVD method, were obtained and studied. The peculiarities of the laminar

microstructure formation of the modern coatings depending on their composition are determined. It was found that the microhardness of the modern coatings is lower than the standard, but their thermocycling durability is 16% higher than the standard coating system ZrO₂-Y₂O₃.

Індекс УДК: 538.91-405;548.5.01, 621.793.1:541.1:621.762:546-31

Коди тематичних рубрик: 29.19.15

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Дуднік Олена Вікторівна

Науковий ступінь: д. х. н.

Вчене звання: с.н.с.

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

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

Назва НТП українською: Нові матеріали керамічного шару термобар'єрних покриттів на основі твердих розчинів ZrO_2 , комплексно легованого оксидами РЗМ церієвої і іттрієвої підгруп перфодичної системи Менделєєва

Назва НТП англійською: New materials of the ceramic layers of thermal barrier coatings based on solid solutions of ZrO_2 complexly doped with oxides of REE cerium and yttrium subgroups of the Perfodic periodic table

НТП, яку передбачалося створити:

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Матеріали

Галузь застосування: Н 51 Авіаційний транспорт М 72 Наукові дослідження та розробки

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Основи мікроструктурного проектування керамічного шару термобар'єрних покриттів на основі твердих розчинів ZrO_2 , легованого концентратами оксидів рідкоземельних елементів церієвої та іттрієвої підгруп Періодичної системи хімічних елементів з метою підвищення ресурсу експлуатації газотурбінних двигунів.

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: Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро «Прогрес» ім. академіка О. Г. Івченка (ЗМКБ „Прогрес”); АТ „Мотор – Січ”, м. Запоріжжя; ДП «Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря-Машпроект

Перспективні ринки: Україна

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану:

Техніко-економічне обґрунтування:

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років):

Додаткова інформація:

IX. Бібліографічний опис

1. Lakiza S. M. M. I. Grechanyuk, O. K. Ruban, V. P. Redko, M. S. Glabay, O. B. Myloserdov, O. V. Dudnik, S. V. Prokhorenko Thermal barrier coatings: current status, search, and analysis. Powder Metall. Met. Ceram. 2018. Vol. 57, No. 1–2. P. 82 – 113. 2. Dudnik E. V. The Gd₂Zr₂O₇-based materials for thermal barrier coating / E. V. Dudnik, S. M. Lakiza, M. I. Grechanyuk, A. K. Ruban, V. P. Redko, M. S. Glabay, A. B. Myloserdov // Powder Metall. Met. Ceram. –2018. – Vol. 57, № 5/6. – P. 301–315. 3
2. Dudnik E. V. The Gd₂Zr₂O₇-based materials for thermal barrier coating / E. V. Dudnik, S. M. Lakiza, M. I. Grechanyuk, A. K. Ruban, V. P. Redko, M. S. Glabay, A. B. Myloserdov // Powder Metall. Met. Ceram. –2018. – Vol. 57, № 5/6. – P. 301–315.
3. Grechyanyuk N.I. Laboratory Electron-Beam Multipurpose Installation L-2 for Producing Alloys, Composites, Coatings, and Powders. / N.I. Grechyanyuk, G.A. Baglyuk, P.P. Kucherenko, A.G. Melnik, I.N. Grechanyuk, V.G. Grechanyuk, Y.A. Smashnyuk // Powder Metallurgy and Metal Ceramics. – 2017. – № 56(1-2). – P.147–159.
4. Siaosiu, D., Hrechaniuk, M.I., Kucherenko, P.P. , A. G. Melnik, I. M. Hrechaniuk, G. A. Bagliuk Industrial Electron-Beam Equipment for Deposition of Protective Coatings: Overview. Powder Metall Met Ceram. □ 2019. □ Vol.58. □ P.113–124.
5. Grechanyuk, N.I. New Electron-Beam Equipment and Technologies for the Production of Advanced Materials Using Vacuum Melting and Evaporation Methods Developed at SPE [“Eletekhmash”]/N.I.Grechanyuk, P.P.Kucherenko, A.G.Melnik, I.N. Grechanyuk, Y.A. Smashnyuk, V.G.Grechanyuk, A. Manulyk // Minerals, Metals and Materials Series. – 2019. – P. 105–113.
6. Dudnik E.V. Thermal barrier coatings based on ZrO₂ solid solutions. / Dudnik E.V. S.N. Lakiza, I.N. Hrechanyuk, A.K. Ruban, V.P. Redko, I.O. Marek, V.B. Shmibelsky, A.A. Makudera, N.I. Hrechanyuk// Powder Metall. Met. Ceram. □ 2020. □ Vol. 59, No. 3–4. P. 179–20.
7. Dudnik O.V. High-Entropy Ceramics for Thermal Barrier Coatings Produced from ZrO₂ Doped with Rare-Earth Metal Oxides. / O. V. Dudnik, S. M. Lakiza, I. M. Grechanyuk, V.P. Red'ko, M.S. Glabay, V.B. Shmibelsky, I.O. Marek, A.K. Ruban, M.I. Grechanyuk // Powder Metall Met Ceram. □ 2021. □ Vol. 59. □ P. 556–563. <https://doi.org/10.1007/s11106-021-00187-4>
8. Dudnik O. V. Composite Ceramics for Thermal Barrier Coatings Produced From ZrO₂ Doped with Yttrium-Subgroup Rare-Earth Metal Oxides. / O.V. Dudnik, S.M. Lakiza, I.M. Grechanyuk, V.P. Red'ko, A.A. Makudera, M.S. Glabay, I.O. Marek, A.K. Ruban, M.I. Grechanyuk // Powder Metall. Met. Ceram. □ 2021. □ Vol. 59. □ P. 672–680 (). <https://doi.org/10.1007/s11106-021-00202-8>
9. Korniyenko, K. Gd–O Binary Phase Diagram Evaluation [Электронный ресурс] / K. Korniyenko , I. Tyshchenko // MSI Eureka, Effenberg, G. (Ed.), MSI, Materials Science International, Stuttgart. □ 2017. □ ID: 20.27481.1.2
10. Tyshchenko I. Hf–O–Ta Ternary Phase Diagram Evaluation [Электронный ресурс] / I. Tyshchenko, K. Korniyenko // MSI Eureka, Effenberg, G. (Ed.), MSI, Materials Science International, Stuttgart. □ 2017. □ ID: 10.11425.1.7
11. Tyshchenko I. O–Sm–Zr Ternary Phase Diagram Evaluation [Электронный ресурс] / I. Tyshchenko, K. Korniyenko // MSI Eureka, Effenberg, G. (Ed.), MSI, Materials Science International, Stuttgart. □ 2018. □ ID: 10.11200.1.5
12. Tyshchenko I. Al–Hf–O–Y Ternary Phase Diagram Evaluation [Электронный ресурс] / I. Tyshchenko, K. Korniyenko // MSI Eureka, Effenberg, G. (Ed.), MSI, Materials Science International, Stuttgart. □ 2017. □ ID: 10.50692.1.0
13. Tyshchenko I. Al–Hf–La–O Ternary Phase Diagram Evaluation [Электронный ресурс] / I. Tyshchenko, K. Korniyenko // MSI Eureka, Effenberg, G. (Ed.), MSI, Materials Science International, Stuttgart. □ 2017. □ ID: 10.56384.1.8

14. Tyshchenko I. Al–Gd–Hf–O Ternary Phase Diagram Evaluation [Електронний ресурс] / I. Tyshchenko, K. Korniyenko // MSI Eureka, Effenberg, G. (Ed.), MSI, Materials Science International, Stuttgart. p 2017. p ID: 10.52997.1.4
15. Tyshchenko I. Al–Er–Hf–O Ternary Phase Diagram Evaluation [Електронний ресурс] / I. Tyshchenko, K. Korniyenko // MSI Eureka, Effenberg, G. (Ed.), MSI, Materials Science International, Stuttgart. p 2017. p ID: 10.68290.1.4
16. Tyshchenko I. La–O–Zr Ternary Phase Diagram Evaluation [Електронний ресурс] / I. Tyshchenko, K. Korniyenko // MSI Eureka, Effenberg, G. (Ed.), MSI, Materials Science International, Stuttgart. p 2018. p ID: 10.10316.1.2
17. Баглюк Г.А. Новые универсальные установки для электронно-лучевых технологий рафинирующего переплава, получения порошков и нанесения покрытий / Г.А. Баглюк, Н.И. Гречанюк // Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка. p Сборник докладов 10-го международного симпозиума. Минск 5-7 апреля 2017, часть 1. p C.380p395.
18. Tyshchenko Ia.S. Phase diagrams of the $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--TiO}_2\text{--Ln}_2\text{O}_3$ (Ln = Y and Er) systems as the basis for creating new structural and function ceramics. / Ia.S. Tyshchenko, S.M. Lakiza, E.V. Dudnik // E-MRS Fall Meeting, Warsaw, Poland, 18-21 September. p 2017. p D.P1.4.
19. Лакиза С.Н. Материалы в системах $\text{ZrO}_2\text{--LnI}_2\text{O}_3\text{--LnII}_2\text{O}_3\text{--LnIII}_2\text{O}_3$, где LnI, LnII, LnIII–лантаноиды, для термобарьерных покрытий / С.Н. Лакиза, А.К. Рубан, Н.И. Гречанюк, М.С. Глабай, Е.В. Дудник // 6-а Міжнародна Самсонівська конференція “Материаловедение тугоплавких соединений и композитов”, м. Київ, Україна, 22–24 травня 2018. С. 154.
20. Современное состояние электронно-лучевых технологий, применяемых в различных областях техники / Гречанюк Н.И., Гречанюк В.Г., Витовецкая Т.В. // Proceedings of XIII international conference on science and education, January 4-13, 2019, (Hungary), P. 41-43
21. Manulyk A. New electron-beam equipment and technologies for production of advanced materials using vacuum melting and evaporation methods developed at SPE «ELTEKHMASH» / A. Manulyk, N. I. Grechanyuk, P.P. Kucherenko, A.G. Melnik, I.N. Grechanyuk, Y.A. Smashnyuk, V.G. Grechanyuk // Proceedings of 20 th World Congress on Materials Science and Engineering, June 24-26, Vienna, Austria, 2019, P.29p30.
22. Shmybelskyi V. B. Thermal barrier coatings based on ZrO_2 solid solutions / S. Lakiza, M. I. Grechanyuk (Відділ № 36 ІПМ НАН України), О. К. Ruban, V. P. Redko, I. O. Marek, V. B. Shmybelskyi, О. V. Dudnik // 6th INTERNATIONAL CONFERENCE, HighMathTech.p 2019 – October 28-30. – 2019 Kyiv, Ukraine.p P.168.
23. Tyshchenko J. S. Thermalbarrier coatings based on powders of the system $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--TiO}_2\text{--Nd}_2\text{O}_3$. / J. S. Tyshchenko, S. N. Lakiza, V. P. Red'ko, E. V. Dudnik // international research and practice conference: NANOTECHNOLOGY AND NANOMATERIALS (NANO-2019). p 27-30 August.p 2019.p Lviv, Ukraine.p P. 359.
24. Макудера А.О. «ФАЗОВІ РІВНОВАГИ В ДВОКОМПОНЕНТНИХ СИСТЕМАХ $\text{LnI}_2\text{O}_3\text{--LnII}_2\text{O}_3$ ». / А. О. Макудера, В. Б. Шмибельский // Тези XXI Міжнародної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Сучасні проблеми хімії», Київ, 20-22 травня 2020 р., С. 212;
25. Макудера А. О. «Нові тепловбар'єрні покриття на основі комплексно легованого ZrO_2 ». / А. О. Макудера, В. П. Редько, С. М. Лакиза // Тези IV Міжнародної (XIV Української) наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Хімічні проблеми сьогодення» (ХПС-2021), Вінниця, 23-25 березня 2021 року, С. 206
26. Макудера А. О. «Взаємодія між оксидами лантаноїдів Y підгрупи». / А. О. Макудера, С. М. Лакиза, О. В. Дуднік // Тези XIII Всеукраїнської наукової конференції студентів та аспірантів "Хімічні Каразінські читання p 2021" (ХКЧ'21), Харків, 20-21 квітня 2021 року, С. 129
27. Dudnik E.V. «Thermally barrier coatings based on complex stabilized ZrO_2 » / E. V. Dudnik, S. N. Lakiza, I. N. Grechaniuk, V. B. Shmybelskyi, A. A. Makudera, A. K. Ruban, V. P. Redko, N. I. Grechanyuk // Тези 7TH

28. Макудера А. О. «Термобар’єрне покриття на основі складно-композиційних керамічних матеріалів». / А. О. Макудера, С. М. Лакиза // Матеріали VI Конференції – нетворкінгу «Реальність та перспективи матеріалознавства». 25-27.06. 2021 в Центрі з проведення літніх наукових шкіл та відпочинку Інституту проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України. p C. 25

29. Makudera A. O. «Composite ceramics for ZrO₂-based thermal barrier coatings». / A. O. Makudera, S. M. Lakiza, O. V. Dudnik // Тези 7th International Materials Science Conference HighMatTech-2021. October 5-7, 2021 Kyiv, Ukraine

30. Lakiza S. M. Complex ZrO₂ stabilizers for creating modern thermal barrier coatings for gas turbine engine blades of various applications / S. M. Lakiza, O. V. Dudnik, M. I. Grachniuk, O. K. Ruban, V. P. Red'ko, A. O. Makudera, V. B. Shmybelskii // Тези 7TH International Samsonov Conference “Materials science of refractory compounds” (MSRC), Kyiv, May 25-27, 2021, C. 42

Х. Заключні відомості

Керівник юридичної особи

Солонін Юрій Михайлович

д. ф.-м. н.

Перелік осіб-виконавців

Глабай Марина Сергіївна

(02.00.04)

Гончаренко Марія Романівна

(02.00.04)

Гречанюк Микола Іванович

(д. т. н., 05.16.06)

Лакиза Сергій Миколайович

(д. х. н., 02.00.04)

Макудера Аліна Олександрівна

(02.00.04)

Марек Ірина Олегівна

(к. х. н., 02.00.04)

Редько Віктор Петрович

(к. х. н., 02.00.04)

Рубан Константин Олексійович

(к. х. н., 02.00.04)

Смирнова-Замкова Марія Юріївна

(к. х. н., 02.00.04)

Тищенко Яна Сергіївна

(к. х. н., 02.00.04)

Хоменко Олена Вікторівна

(к.т.н., 05.16.06)

Відповідальний за підготовку облікових документів

Макудера А. О.

Телефон

+38 (063) 425-82-97

Реєстратор

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

