Облікова картка НДДКР

Державний обліковий номер: 0222U004604

Державний реєстраційний номер: 0117U000258

Відкрита

Дата реєстрації: 19-09-2022

1. Етапи виконання

Номер етапу: 1

Назва етапу: Розробка оксидних матеріалів на основі ZrO2, 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 звітного документа: Остаточний звіт

2. Виконавець

Назва організації: Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича Національної академії наук України

Код ЄДРПОУ/ІПН: 05416930

Підпорядкованість: Національна академія наук України

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

Телефон: 380443908751

Телефон: 380443908757

Телефон: 380442057901

Телефон: 380444241524

Телефон: 380444242271

Телефон: 380444242131

E-mail: dir@ipms.kiev.ua

WWW: http://www.materials.kiev.ua

3. Власник результатів НДДКР (продукції)

Назва організації: Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича Національної академії наук України

Код ЄДРПОУ/ІПН: 05416930

Адреса: вул. Кржижановського, буд. 3, м. Київ, 03142, Україна

Підпорядкованість: Національна академія наук України

Телефон: 380443908751

Телефон: 380443908757

Телефон: 380442057901

Телефон: 380444241524

Телефон: 380444242271

Телефон: 380444242131

E-mail: dir@ipms.kiev.ua

WWW: http://www.materials.kiev.ua

4. Джерела та напрями фінансування

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

КПКВК: 6541030

Напрям фінансування: 2.1 - фундаментальні дослідження

Джерела фінансування

Джерело фінансування: 7713 - кошти держбюджету

Фактичний обсяг фінансування за звітний етап: 2348.720 тис. грн.

5. Науково-технічна робота

Назва роботи (укр)

Розробка оксидних матеріалів на основі ZrO2, комплексно легованого оксидами гадолінію, лантану, ітрію, церію для створення нового покоління теплозахисних покриттів на деталях газотурбінних двигунів

Назва роботи (англ)

Designing of oxide materials based on ZrO2, doped with the oxides of gadolinium, lanthanum, yttrium, cerium for a new generation of thermal barrier coatings on the gas-turbine engine parts.

Реферат (укр)

Мета роботи: Створення фізико-хімічних основ мікроструктурного проектування та розробка високовогнетривких теплозахисних покриттів на основі ZrO2, комплексно легованого оксидами ітрію та лантаноїдів. Вперше для створення керамічного шару на основі ZrO2 термобар,єрних покриттів методом електронно-променевого випаровування–конденсації (EB-PVD) 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 ZrO2, легованого нерозділеною сумішшю оксидів РЗЕ для мікроструктурного проектування керамічного шару ТБП. Проаналізовано характер взаємодії між оксидами лантаноїдів у кожній підгрупі на основі відомих діаграм стану та створено теоретичні діаграми стану систем Ln2O3 – LnI2O3 та Ln2O3 - Y2O3. Розроблено основи технології одержання мішеній (d= 68,5 ± 0,5мм, h = 55 ± 5 мм) з порошків на основі ZrO2 та концентратів оксидів рідкісно-земельних елементів (РЗЕ) і визначено оптимальні параметри нанесення новітніх покриттів методом EB-PVD. 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 EB-PVD. 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 ZrO2–Y2O3.

Реферат (англ)

Objective of research: creation of physico-chemical bases of microstructural design and development of high-strength heat-protective coatings based on ZrO2, 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 ZrO2 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 ZrO2 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 Ln2O3 - LnI2O3 and Ln2O3 - Y2O3 phase diagrams are constructed. The technology basics of obtaining targets (d = 68.5 ± 0.5 mm, h = 55 ± 5 mm) from powders based on ZrO2 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 НТІ: 29.19.15

6. Науково-технічна продукція (НТП)

НТП 1

Назва продукції (укр): Нові матеріали керамічного шару термобар'єрних покриттів на основі твердих розчинів ZrO2, комплексно легованого оксидами РЗМ церієвої і іттрієвої підгруп перфодичної системи Менделєєва

Назва продукції (англ): New materials of the ceramic layers of thermal barrier coatings based on solid solutions of ZrO2 complexly doped with oxides of REE cerium and yttrium subgroups of the Perfodic periodic table

Очікувані результати: Матеріали

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

Опис продукції (укр): Основи мікроструктурного проектування керамічного шару термобар'єрних покриттів на основі твердих розчинів ZrO2, легованого концентратами оксидів рідкоземеьних 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

Стадія завершеності НТП: Звіт по НДДКР

Впровадження НТП: Не впроваджено

Строки впровадження:

Виробник продукції: Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

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

Права інтелектуальної власності: В Україні

Форми та умови передачі продукції: Спільні НДДКР

7. 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. Grecyanyuk N.I. Laboratory Electron-Beam Multipurpose Installation L-2 for Producing Alloys, Composites, Coatings, and Powders. / N.I. Grecyanyuk, 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/s 11106-021-00187-4

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 [Електронний 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 [Електронний 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 [Електронний 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 [Електронний 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 [Електронний 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. □ 2017. □ 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. □ 2017. □ 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. □ 2018. □ 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. □ Сборник докладов 10-го международного симпозиума. Минск 5-7 апреля 2017, часть 1. □ С.380□395.

18. Tyshchenko Ia.S. Phase diagrams of the Al2O3-TiO2-Ln2O3 (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. □ 2017. □ D.P1.4.

19. Лакиза С.Н. Материалы в системах ZrO2–LnI2O3–LnII2O3–LnIII2O3, где LnI, LnII, LnIII–лантаноиды, для термобарьерных покритий / 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.29□30.

22. Shmybelskyi V. B. Thermal barier coatings based on ZrO2 solid solutions / S. Lakiza, M. I. Grechanyuk (Відділ № 36 ІПМ НАН України), O. K. Ruban, V. P. Redko, I. O. Marek, V. B. Shmybelskyi, O. V. Dudnik // 6th INTERNATIONAL CONFERENCE, HighMathTech.□ 2019 – October 28-30. – 2019 Kyiv, Ukraine.□ P.168.

23. Tyshchenko J. S. Thermalbarrier coatings based on powders of the system Al2O3□TiO2□Nd2O3. / J. S. Tyshchenko, S. N. Lakiza, V. P. Red’ko, E. V. Dudnik // international research and practice conference: NANOTECHNOLOGY AND NANOMATERIALS (NANO-2019). □ 27-30 August.□ 2019.□ Lviv, Ukraine.□ P. 359.

24. Макудера А.О. «ФАЗОВІ РІВНОВАГИ В ДВОКОМПОНЕНТНИХ СИСТЕМАХ LnI2O3–LnII2O3». / 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 теплобар’єрні покриття на основі комплексно легованого ZrO2». / 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 □ 2021" (ХКЧ’21), Харків, 20–21 квітня 2021 року, С. 129

27. Dudnik E.V. «Thermally barrier coatings based on complex stabilized ZrO2» / 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 International Samsonov Conference “Materials science of refractory compounds” (MSRC), Kiyv, May 25-27. □ 2021. □ C. 79

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. □ С. 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), Kiyv, May 25□27, 2021, C. 42

8. Звітна документація

Кількість сторінок в звіті: 226

Мова звіту: Українська

Умови поширення в Україні: Не заборонено

Умови передачі іншим країнам: Не заборонено

Кількість файлів у звіті: 1

9. Заключні відомості

Перелік осіб-виконавців

Глабай Марина Сергіївна

Гончаренко Марія Романівна

Гречанюк Микола Іванович (д. т. н., с.н.с.)

Лакиза Сергій Миколайович (д. х. н., старший науковий співробітник)

Макудера Аліна Олександрівна

Марек Ірина Олегівна (к. х. н.)

Редько Віктор Петрович (к. х. н., с.н.с.)

Рубан Констянтин Олексійович (к. х. н.)

Смирнова-Замкова Марія Юріївна (к. х. н.)

Тищенко Яна Сергіївна (к. х. н.)

Хоменко Олена Вікторівна (к.т.н., с.н.с.)

Керівник організації:

Солонін Юрій Михайлович (д. ф.-м. н., акад.)

Керівники роботи:

Дуднік Олена Вікторівна (д. х. н., с.н.с.)

Керівник відділу реєстрації наукової діяльності УкрІНТЕІ

Юрченко Т.А.