

# Облікова картка НДДКР

Державний обліковий номер: 0220U100501

Державний реєстраційний номер: 0116U006366

Відкрита

Дата реєстрації: 20-01-2020



## 1. Етапи виконання

Номер етапу: 4

**Назва етапу:** Дослідження закономірностей формування мікроструктури та текстури реакторних матеріалів (цирко-нію і його сплавів, гафнію, берилію) при різних видах інтенсивної пластичної деформації та впливу структурних параметрів на їх властивості. Вивчення шляхів поліпшення властивостей реакторних конструкційних матеріалів за рахунок легуючих елементів.

**Початок етапу:** 01-2019

**Закінчення етапу:** 12-2019

**Вид звітнього документа:** Проміжний звіт

## 2. Виконавець

**Назва організації:** Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України

**Код ЄДРПОУ/ІПН:** 14312223

**Підпорядкованість:** Національна академія наук України

**Адреса:** вул. Академічна, 1, м. Харків, Харківський р-н., Харківська обл., 61108, Україна

**Телефон:** 380573351688

**Телефон:** 380573353530

**E-mail:** nsc@kipt.kharkov.ua

**WWW:** <https://www.kipt.kharkov.ua/>

## 3. Власник результатів НДДКР (продукції)

**Назва організації:** Національна академія наук України

**Код ЄДРПОУ/ІПН:** 00019270

**Адреса:** вул. Володимирська, 54, м. Київ, Київська обл., 01030, Україна

**Підпорядкованість:** Кабінет Міністрів України

**Телефон:** 380442350981

**E-mail:** prez@nas.gov.ua

**WWW:** <http://nas.gov.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

## **Джерела фінансування**

**Джерело фінансування:** 7713 – кошти держбюджету

**Фактичний обсяг фінансування за звітний етап:** 17265 тис. грн.

## **5. Науково-технічна робота**

### **Назва роботи (укр)**

Фундаментальні наукові дослідження зі створення конструкційних та функціональних матеріалів з керованою структурою на основі чистих та надчистих металів (Zr, Hf, Be, Mg, Nb, Cd, Zn, Ag, Te, РЗМ та ін.) з властивостями, що забезпечують сталий розвиток та конкурентоспроможність ядерної енергетики та інших галузей економіки України

### **Назва роботи (англ)**

Fundamental research on the creation of structural and functional materials with controlled structure on the basis of pure and ultra-pure metals (Zr, Hf, Be, Mg, Nb, Cd, Zn, Ag, Te, REM and others. ) With properties that provide sustainable development and the competitiveness of nuclear power and other sectors of the economy of Ukraine.

### **Реферат (укр)**

Об'єкт дослідження – закономірності формування текстури та мікроструктури реакторних матеріалів при різних видах пластичної деформації, вивчення їх механічних, структурних та корозійних властивостей. Мета роботи – вивчення зміни текстурних параметрів гафнію, цирконію, берилію, сплавів цирконію при різних видах пластичної деформації, вивчення механічних властивостей берилію при кутовому пресуванні, вплив легуючих елементів на корозійну стійкість і механічні властивості сплавів цирконію. Методи дослідження – деформаційні методи отримання матеріалів, рентгенівські, металографічні, електронномікроскопічні методи дослідження структури, визначення механічних та корозійних властивостей. Було проведено дослідження змін текстурних характеристик з деформацією гафнію, цирконію та сплавів Zr-2.5%Nb і Zr-1%Nb, берилію із застосуванням рентгенівського методу зворотних полюсних фігур. Виявлено природу текстурних закономірностей та побудовано їх узагальнену схему щодо цирконію та його сплавів. З використанням кутового пресування при температурах 600 С і 500 С отримані заготовки з високочистого литого берилію і проведено вивчення їх механічних властивостей. Після кутового пресування при 600 С і рекристалізаційного відпалу надчистого берилію одержано матеріал з високим відносним подовженням при кімнатній температурі. Досліджено впливу легуючих домішок заліза і кисню на корозійні та механічні властивості сплаву Zr-1%Nb. Показано, що для підвищення запасу роботи оболонок твелів необхідно використовувати сплав Zr-1%Nb на основі губки з вмістом кисню 0,1-0,15 мас.% і заліза 0,08-0,12 мас.%. Встановлено, що легування ніобієм призводить до зміцнення сплаву, досягаючи максимуму при 8% ніобію.

### **Реферат (англ)**

Research object – the patterns of formation of texture and microstructure of reactor materials in various types of plastic deformation, the study of the mechanical, structural and corrosion properties. Purpose – studying the changes of texture parameters of hafnium, zirconium, beryllium, zirconium alloys with different types of plastic deformation, studying the mechanical properties of beryllium with angular pressing and the influence of alloying elements on corrosion resistance and mechanical properties of zirconium alloys. Methods of study – deformation methods of materials productions, x-ray, metallographic and electron-microscopic methods of structure study, determination of mechanical and corrosion properties. Changes in the texture characteristics were studied with deformation of hafnium, zirconium and alloys Zr-2.5% Nb and Zr-1% Nb, beryllium using the X-ray method of reverse pole figures. The nature of the texture regularities is revealed and their generalized scheme for zirconium and its alloys is constructed. Using angular pressing at temperatures of 600° C and 500° C, the blanks of high-purity cast beryllium were produced and their mechanical properties were studied. The material with high unit elongation at room temperature was produced after angular extrusion at 600° C and recrystallization annealing of ultrapure beryllium. The influence of alloying impurities of iron and oxygen on the corrosion and mechanical properties of Zr-1% Nb alloy was investigated. It is shown that to increase the serviceability reserve of fuel shells, it is necessary to use a Zr-1% Nb alloy based on a sponge with oxygen content of 0.1-0.15 wt.% and iron that of 0.08-0.12 wt.%. It is established that alloying with niobium

leads to hardening of the alloy, reaching a maximum at 8% content of niobium.

**Індекс УДК:** 669.017.01, 669.017:001.89

**Коди тематичних рубрик НТІ:** 53.49.01

## 6. Науково-технічна продукція (НТП)

### НТП 1

**Назва продукції (укр):** Дослідження закономірностей формування мікроструктури та текстури реакторних матеріалів (цирконію і його сплавів, гафнію, берилію) при різних видах інтенсивної пластичної деформації та впливу структурних параметрів на їх властивості. Вивчення шляхів поліпшення властивостей реакторних конструкційних матеріалів за рахунок легуючих елементів.

**Назва продукції (англ):** Investigation of regularities of formation of microstructure and texture of reactor materials (zirconium and its alloys, hafnium, beryllium) at various types of intensive plastic deformation and influence of structural parameters on their properties. Study of ways to improve the properties of reactor structural materials owing to alloying elements.

**Очікувані результати:** Матеріали

**Галузь застосування:** Атомна енергетика

**Опис продукції (укр):** 1. Дані по дослідженню та виявленню умов існування початкової стадії стрімкого росту текстурного параметру з деформацією прокаткою пластин гафнію, цирконію, сплавів цирконію, які встановлюють, що наявність початкової стадії, напрямки і темпи змін текстури зазначених металів з деформацією залежать від їх вихідної текстури і схеми деформування. Виявлені закономірності формування текстури прокатки гафнію, цирконію та його сплавів дозволяють прогнозувати заданий текстурний стан металів в залежності від схем деформації. 2. Розроблена технологічна схема кутового пресування надчистого литого берилію при температурах 600 С і 500 С, яка дозволяє подрібнювати величину зерна з 3 мм до 10мкм за один цикл деформації. З використанням кутового пресування вперше отримані заготовки з високочистого литого берилію. Після кутового пресування при 600 С і подальшого відпалу при 650 С протягом години зразки берилію досягають відносного подовження  $\sigma = 8,7\%$  при кімнатній температурі. 3. Результати досліджень щодо вмісту заліза в сплавах Zr1%Nb, що сприятливо впливає на їх корозійну стійкість у воді, а також вмісту кисню в сплавах, що забезпечує оболонковим трубам зміцнення і підвищений опір термічній повзучості. Встановлено, що для поліпшення властивостей оболонок твелів із сплавів на основі губчастого цирконію доцільно використовувати сплави Zr-1% Nb з вмістом кисню 0,1-0,15 мас.% і заліза 0,08-0,12 мас.%.

**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:** Впроваджено

**Строки впровадження:** 01.2019-12.2019

**Виробник продукції:** ННЦ "ХФТІ"

**Споживачі продукції:** атомна енергетика

**Перспективні ринки:** ринки СНД, США, Японії, Німеччини та ін.

**Права інтелектуальної власності:** За договорами

**Форми та умови передачі продукції:** Спільні НДДКР

## 7. Бібліографічний опис

1. И.И. Папилов, П.И. Стоев, Г.П. Ковтун, А.П. Щербань, Д.А. Солопихин, Ю.С. Липовская. Изучение влияния скорости нагружения на пластическую деформацию кадмия. Металлофиз. новітні технол. 2019, т. 41, № 6, с. 805 - 816. <https://doi.org/10.15407/mfint.41.06.0805>.

2. V. M. Grytsyna, D. G. Malykhin, T. S. Yurkova, K. V. Kovtun, T. P. Chernyayeva, G.P. Kovtun, V.V. Kornyeveva, O.O. Slabospitskaya, I.G. Tantsura, V.N. Voyevodin, Regularities of changes in Kearns texture coefficient at cold rolling of Zr-2.5%Nb

alloy, East-Eur. J. Phys., 2019, No 2, P. 39-45.

3. V. Grytsyna, D. Malykhin, T. Yurkova, K. Kovtun, T. Chernyayeva, G. Kovtun, I. Tantsura, V. Voyevodin. On structural aspects of texture changes during rolling of Zr-2.5%Nb alloy // East-Eur. J. Phys., 2019, No 3, P. 38-45.

4. V.S. Vakhrusheva, N.V. Hruzin, D.G. Malykhin. Features of formation of crystallographic texture and properties in Ti-3Al-2.5V titanium alloy during manufacture // БАИТ, 2019, No 5(123), P. 105-112.

5. Pylypenko M.M., Stadnik Yu.S., Drobyshchevska A.O. Pure iron and nickel for new structural reactor materials // Вопросы атомной науки и техники. Серия: "Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение". - 2019. - №2. - С. 159-163.

6. Yefimov A.V., Pylypenko M.M., Potanina T.V., Yesypenko T.A., Harkusha T.A., Stadnik Yu.S. Processing of experimental data of the process of refining nuclear material Zr1%Nb by electron-beam melting by means of interval analysis methods // Problems of atomic science and technology. Series: "Physics of radiation effect and radiation materials science". - 2019. - No 5. - P. 118-123.

7. Pylypenko M.M., Yanko T.B., Stadnik Yu.S., Drobyshchevska A.O. Processing substandard materials of magnesium-thermal zirconium production // Problems of atomic science and technology. Series: "Physics of radiation effect and radiation materials science". - 2019. - No 5. - P. 135-141.

8. І.І.Папіров, О.С.Булатов, В.С.Клочко, А.В.Корнієць, А.І.Пікалов, В.І.Спіцина, А.В.Шокуров, Ультразвукові дослідження структурного стану сплаву Mg-5%Sc після рівно канальної кутової екструзії, Фізичні явища в твердих телах, м. Харків, ХДУ ім. Каразіна, 3-6 грудня 2019.

9. И.И.Папилов, А.А. Николаенко, В.С.Шокуров, Получение мелкозернистого бериллия высокой чистоты и изучение его механических свойств, гл. 3 монографии "Актуальные проблемы прочности", т. 1, Витебск, 2019, 23 с.

10. Kseniya Kutniy, Igor Kislyak, Alexander Kalchenko, Petr Stoev, Mikhail Tikhonovsky, Pavel Khaimovich / Structural state effect on mechanical properties and acoustic emission of high-purity titanium at different types of deformation // East European Journal Of Physics. - 2019. - No 3. - p. 29-37.

11. V.A. Bovda, A.M. Bovda, I.S. Guk, S.S. Kandybey, S.G. Kononenko, V.N. Lyashchenko, A.O. Mytsykov, L.V. Onischenko // Rare-earth permanent magnet in magnetic system of electron accelerator with the energy of 10 MeV // Вопросы атомной науки и техники. -2019.- №2.- С. 145-150.

12. V.N. Voyevodin, G.D. Tolstolutskaia, S.A. Karpov, M.A. Tikhonovsky, G.N. Tolmachova, A.S. Kalchenko, R.L. Vasilenko, I.E. Kopanets // Effect of argon ion irradiation on hardening and microstructure of ferritic-martensitic steel T91 // Problems of atomic science and technology. Series "Physics of radiation effect and radiation materials science". - 2019. - №2(120). - P. 7-12.

13. A.S. Kalchenko, S.A. Karpov, I.E. Kopanets, M.A. Tikhonovsky, G.D. Tolstolutskaia // Comparative study of helium bubble formation in Cr-Fe-Ni-Mn high-entropy alloy and 18Cr10NiTi steel after irradiation and post-irradiation annealing // Problems of atomic science and technology. Series "Physics of radiation effect and radiation materials science". - 2019. - №5(123). - P. 25-29.

14. V.Yu. Novikov, V.M. Beresnev, D.A. Kolesnikov, O.N. Ivanov, S.V. Lytovchenko, V.A. Stolbovoy, I.V. Kolodiy, A.O. Kozachenko, M.G. Kovaleva, E.V. Kritsyna, O.V. Glukhov // Structure and mechanical properties of multilayer coatings (TiAlCrY)N/ZrN // PAST.- 2019. - №2(120). - P. 116-120.

15. E.P. Bereznyak, I.V. Kolodiy, Yu.S. Khodyreva // The effect of the external medium on the structural-phase transformations of quartzite upon high-energy electron irradiation // PAST. - 2019. - №5(123). - P. 30-34.

16. В.М. Федірко, В.М. Воеводін, О.М. Великодний, М.А. Тихоновський, І.С. Кухар, Х.Р. Мельник // Вплив дисперсійного зміцнення наноксидами на корозійну тривкість у розплавах свинцю високоентропійних сплавів системи Cr-Fe-Mn-Ni // Фізико-хімічна механіка матеріалів. - 2019. - №4. - С. 63-68.

17. В.А. Кутовой, Д.Г. Малихин, А.С. Кальченко, Р.Л. Василенко. Физические аспекты диспергирования углерода в термовакuumной установке. Сборник научных трудов "Поверхность". 2019. - Вып. 11(26). - с.508-520.

18. A.I. Kravchenko. Effective and Ideal Separation Factors at Sublimation Refining of Sm, Eu, Tm, Yb. // Research & Development in Material Science - 2019.-V. 11.- Is. 4 - P. 1205-1206.

19. Zharebtsov S., Yurchenko N., Panina E., Tikhonovsky M. Gum-like mechanical behavior of a partially ordered Al<sub>5</sub>Nb<sub>24</sub>Ti<sub>40</sub>V<sub>5</sub>Zr<sub>26</sub> high entropy alloy // In-termetallics, 2020. - V.116 (106652).
20. Yurchenko N.Y., Panina E.S., Zharebtsov S.V., Tikhonovsky M.A., Salishchev G.A., Stepanov N.D. Microstructure evolution of a novel low-density Ti-Cr-Nb-V refractory high entropy alloy during cold rolling and subsequent anneal-ing // Materials Characterization. 2019. - V.158 (109980).
21. Podolskiy A.V., Shapovalov Y., Tabachnikova E.D., Tortika A.S., Tikhonovsky M.A., Joni B., ?dor ?, Ungar T., Maier S., Rentenberger C., Zehetbauer M., Schafner E. Anomalous Evolution of Strength and Microstructure of High-Entropy Alloy CoCrFeNiMn after High-Pressure Torsion at 300 and 77 K // Advanced Engineering Materials, 2019. - (1900752).
22. Tolstolutskaia G.D., Tikhonovsky M.A., Voyevodin V.N., Nikitin A.V., Tortika A.S., Vasilenko R.L. Surface modification and sputtering of FeCrAl alloys ex-posed to low-energy hydrogen plasmas // Journal of the Belarusian State Uni-versity. Physics, 2019. - T.3. - C.73-80.
23. Warcholinski B., Gilewicz A., Kuprin A.S., Kolodiy I.V. Structure and properties of CrN coatings formed using cathodic arc evaporation in stationary system // Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2019, - V.29. -P. 799-810.
24. Doroshenko A.G., Yavetskiy R.P., Parkhomenko S.V., Vorona I.O., Kryzhanovska O.S., Mateychenko P.V., Tolmachev A.V., Vovk E.A., Bovda V.A., Croitoru G., Gheorghe L. Effect of the sintering temperature on the microstructure and optical properties of YAG: Cr, Mg ceramics // Optical Materials, 2019. - (109505).

## 8. Звітна документація

**Кількість сторінок в звіті:** 58

**Мова звіту:** Українська

**Умови поширення в Україні:** Не заборонено

**Умови передачі іншим країнам:** Заборонено

**Кількість файлів у звіті:** 1

## 9. Заключні відомості

### Перелік осіб-виконавців

Сторожилів Геннадій Євгенович

Ємлянінова Тетяна Георгіївна

Єфімов Олександр Анатолійович

Ажажа Роман Володимирович

Аксьонова Ганна Миколаївна

Андерс Валерій Георгійович

Андрієвська Наталя Федорівна

Антоненко Микола Іванович

Бовда Віра Олександрівна (к. ф.-м. н., с.н.с.)

Бовда Олександр Михайлович

Богдан Євгенія Олегівна

Боряк Микола Антонович

В'югов Микола Петрович

В'югов Петро Миколайович

Верьовкін Андрій Андрійович

Вірич Володимир Дмитрович

Васильєв Андрій Олександрович  
Великодний Олексій Миколайович (к. ф.-м. н., с.н.с.)  
Волощенко Володимир Стефанович  
Горбенко Юрій Васильович  
Даценко Ольга Анатоліївна  
Дерев'янка Валерій Васильович  
Дмитренко Олексій Євгенович  
Доля Павло Григорович  
Дробишевська Ганна Олександрівна  
Жуков Геннадій Володимирович  
Зеленська Валентина Іванівна  
Кисіль Олег Віталійович  
Кисляк Ігор Пилипович  
Ковальов Віталій Миколайович  
Ковтеба Ольга Григорівна  
Ковтун Геннадій Прокопович (д. ф.-м. н., професор)  
Ковтун Костянтин Васильович  
Ковтун Ніна Геннадіївна  
Кожевніков Олег Євгенович  
Козаков Анатолій Олександрович  
Колодій Ігор Вікторович  
Колянда Сергій Іванович  
Кондратов Олександр Олександрович  
Кондрик Олександр Іванович  
Костін Олег Олександрович  
Кравченко Олександр Іванович  
Кутній Володимир Євдокимович  
Кутній Ксенія Володимирівна  
Кутній Римма Степанівна  
Левенець Анастасія Володимирівна  
Липовська Юлія Сергіївна  
Ляшенко Олена Анатоліївна (к. філол. н.)  
Мазін Олександр Іванович  
Макаренко Владислав Віталійович  
Малихін Дмитро Георгійович  
Мальований Володимир Васильович  
Мухін Віктор Васильович  
Онищенко Леонід Володимирович  
Пікалов Анатолій Іванович  
Панов Володимир Андрійович  
Папіров Ігор Ісакович

Пелих Вікторія Миколаївна  
Петренко Галина Миколаївна  
Пилипенко Микола Миколайович (д. т. н., с.н.с.)  
Пироженко Людмила Олексіївна  
Пугачов Андрій Миколайович  
Пудов Олексій Олегович  
Рибка Олександр Вікторович  
Сівцов Сергій Володимирович  
Сірих Любов Михайлівна  
Сашенко Олена Анатоліївна  
Свинаренко Олександр Петрович  
Соколов Сергій Олександрович  
Солопихін Анатолій Дмитрович  
Солопихін Дмитро Олексійович  
Стаднік Юрій Сергійович  
Стеценко Сергій Петрович  
Стоев Петро Ілліч  
Сунгуров Марат Сергійович  
Сухарева Тетяна Віталіївна (д. ф.-м. н., с.н.с.)  
Танцюра Ірина Григорівна  
Тихоновський Михайло Андрійович  
Тихоновська Тетяна Михайлівна  
Тортіка Олександр Степанович  
Трембач Олег Васильович  
Фінкель Віталій Олександрович (д.ф.-м.н., професор)  
Ховрич Сергій Васильович  
Худяков Сергій Володимирович  
Шахов Юрій Миколайович  
Шокуров Андрій Володимирович  
Шокуров Володимир Сергійович (к. ф.-м. н.)  
Щербань Олексій Петрович  
Юркова Тетяна Сергіївна

**Керівник організації:**

Шульга Микола Федорович (д. ф.-м. н., акад.)

**Керівники роботи:**

Кутній Володимир Євдокимович

Лавриненко Сергій Дмитрович

Фінкель володимир Олександрович

**Керівник відділу реєстрації наукової діяльності  
УкрІНТЕІ**



Юрченко Т.А.