Облікова картка ДіР

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0222U000923

Державний реєстраційний номер: 0117U002131

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 21-01-2022

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 1

Назва етапу: Формування ієрархічно структурованих станів в металічних системах як фізична основа розробки конкурентно здатних конструкційних і функціональних матеріалів

Початок етапу: 01.2017

Закінчення етапу: 12.2021

Вид звітного документа: Остаточний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417331

Місцезнаходження: бульвар Академіка Вернадського, буд. 36, м. Київ, 03142, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380444243110, 380444241005

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, 01061, Україна

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380442343243

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): 6541030

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 20002.168

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Формування ієрархічно структурованих станів в металічних системах як фізична основа розробки конкурентно здатних конструкційних і функціональних матеріалів

Назва роботи англійською:

Formation of ierarchic structured states in metalic systems as physical ground of elaboration of competitive constructional and fuctional materials

Реферат українською:

Встановлено фізичну природу впливу формування ієрархічних структурно-фазових станів (на атомному, нано-, мікро- і макроскопічному масштабному рівнях) на фізичні, хімічні та механічні властивості різноманітних металічних систем. Проаналізовано термічну стабільність срібних наноструктур в залежності від кристалографічної ієрархії. Встановлено вплив розриву контактного зв'язку на руйнування карбін-графенових наноелементів. Вперше отримано, що пластична деформація сплаву Fe-30,9%Ni-1,23%C методом осадки (e=1,13) спричиняє часткове руйнування графітової структури і збільшує відносний вміст аморфного вуглецю вздовж меж елементів структури. В сплавах медичного призначення Zr-Ti-Nb-Ta за допомогою ультразвукової ударної обробки сформовано градієнтну (ієрархічну) мікроструктуру з відносно низьким модулем пружності, високою твердістю та задовільною пластичністю. Вперше всі відомі типи мартенситу в системі Ni-Mn-Ga поєднані між собою, як різні політипні модифікації і побудовано новий тип фазової діаграми, що дозволяє прогнозувати тип мартенситу в цій системі. В багатокомпонентних сполуках TiZrHfCoNiCu при перетворенні мартенситні кристали утворюються у дендритах, тоді як міждендритні проміжки виконують роль субзеренних меж. Вперше запропоновано склади титанових сплавів систем Ti-Al-Mo-Fe і Ti-Al-Mo-Cr, які дозволили забезпечити конкурентний з комерційними сплавами баланс механічних властивостей. Вперше одержано на порядки величини покращення магнітних властивостей аморфних магнітних стрічок Co69-65,5Fe3,5-3Cr2,8-9(Si,B)22-29 при відпалах до 730K (прояв ієрархічності). Вперше реалізовано механізм дисперсійного зміцнення ливарних евтектичних (α-Al+Mg2Ge) сплавів на основі потрійної системи Al–Mg–Ge наночастинками фаз Mg2Zn чи Al3(Sc,Zr,Hf). Розроблено новий загальний підхід для оцінки стабільності багатокомпонентних твердих розчинів заміщення з використанням параметрів елементів, що входять до їх складу (Ni, Co, Fe, Cr, Mn, Ti, V, Cu, Al, Zr, Si, W, Ta, Mo, Nb).

Реферат англійською:

The physical nature of influence of formation of hierarchical structural-phase states (at the atomic, nano-, micro- and macroscopic scale levels) on physical, chemical and mechanical properties of various metal systems is established. Thermal stability of silver nanostructures depending on the crystallographic hierarchy is analyzed. Effect of contact breakage on the destruction of carbine-graphene nanoelements has been established. Firstly, it was obtained that plastic deformation of Fe-30.9% Ni-1.23% C alloy by precipitation method (e = 1.13) causes partial destruction of graphite structure and increases relative content of amorphous carbon along the boundaries of structural elements. Gradient microstructure with relatively low modulus of elasticity, high hardness and satisfactory plasticity was formed in Zr-Ti-Nb-Ta medical alloys by means of ultrasonic shock treatment. Firstly, all known types of martensite in the Ni-Mn-Ga system are combined as different polytypic modifications and a new type of phase diagram is constructed, which allows to predict the type of martensite in this system. In multicomponent TiZrHfCoNiCu compounds, martensite crystals are formed in dendrites during transformation, while interdendritic gaps act as subgrain boundaries. For the first time, compositions of titanium alloys of Ti-Al-Mo-Fe and Ti-Al-Mo-Cr systems were proposed, which allowed to ensure a competitive balance of mechanical properties with commercial alloys. The orders of magnitude of improvement of magnetic properties of amorphous magnetic tapes based on cobalt at annealing up to 730K (manifestation of hierarchy) were obtained. Firstly, the

mechanism of dispersion hardening of foundry eutectic (α-Al + Mg2Ge) alloys based on the ternary Al – Mg – Ge system with nanoparticles of Mg2Zn or Al3 phases (Sc, Zr, Hf) was implemented. A new general approach for assessing the stability of multicomponent solid substitution solutions using the parameters of elements was developed.

Індекс УДК: 548.571;548.4, 548.4;548.571;669.2.017:620.18

Коди тематичних рубрик: 29.19.11

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Івасишин Орест Михайлович

Науковий ступінь: д. т. н.

Вчене звання: акад.

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

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

Назва НТП українською: Конкуренто спроможні металічні матеріали з покращеними властивостями, створені на основі ієрархії їх структурних і фазових станів, отриманих при різних термомеханічних та енергетичних впливах

Назва НТП англійською: Competitive metallic materials with improved properties created on the basis of the hierarchy of their structural and phase states obtained under different thermomechanical and energy effects

НТП, яку передбачалося створити:

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Матеріали, Методи, теорії

Галузь застосування: Машинобудування; авіа-космічна промисловість; транспорт; автомобільна промисловість; хімічне машинобудування; ДП “АНТОНОВ”

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Неруйнівна діагностика металевих кристалів з дефектами. Термічна стабільність срібних нанотрубок. Нестабільність карбін-графенових наноелементів, залежна від орієнтації прикладеної сили. Лазерне опромінення мартенситної сталі утворює біметалічні пластини. Міцні пластичні градієнтні сплави медичного призначення ZrTiNbTa у литому стані після ультразвукової ударної обробки. Вперше поєднано всі типи мартенситу в системі Ni-Mn-Ga, як різні політипи, в нову фазову діаграму. Мартенсит з елементами дендритної ліквації в литому сплаві TiZrHfCoNiCu з позитивним ефектом пам'яті форми. Структура глобулярного типу в сплавах титану з високими механічними показниками. Аморфні стрічки сплавів на основі Co з унікальними магнітними властивостями. Дисперсійне зміцнення ливарних евтектичних сплавів на основі Al–Mg–Ge наночастинками фаз Mg2Zn чи Al3(Sc,Zr,Hf). Новий загальний підхід для оцінки стабільності багатокомпонентних твердих розчинів заміщення

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

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. Дмітрієв С.В., Молодкін В.Б., Толмачов М.Г., Скакунова О.С., Лізунова С.В., Лехняк Р.В., Фузік К.В., Веліховський Г.О., Васькевич О.П., Лізунов В.В., Катасонов А.А., Голентус І.Е., Оліховський С.Й., Скапа Л.М., Молодкін В.В. Ефекти повної багатократності дифузного розсіяння в кристалах з дефектами другого класу за Кривоглазом. Металлофиз. новейшие технол. 2017. 39, № 1. С. 1–9. http://mfint.imp.kiev.ua/ru/abstract/v39/i01/0001.html/

2. Khripta N.I., Karasevska O.P., Mordyuk B.N., Surface Layers of Zr-18% Nb Alloy Modified by Ultrasonic Impact Treatment: Microstructure, Hardness and Corrosion. Journal of Materials Engineering and Performance. 2017. 26. P. 5446–5455, https://doi.org/10.1007/s11665-017-2983-1.

3. Молодкин В.Б., Низкова А.И., Богданов Е.И., Лизунов В.В., Толмачев Н.Г., Дмитриев С.В., Василик Я.В., Лизунова С.В., Карпов А.Г., Войток О.Г., Почекуев В.П. Физическая природа и методические основы диагностики с использованием эффекта асимметрии азимутальной зависимости полной интегральной интенсивности динамической дифракции рентгеновских лучей в кристаллах с нарушенным поверхностным слоем. Металлофиз. новейшие технол. 2017. 39, № 6. С. 753–765. http://mfint.imp.kiev.ua/ru/abstract/v39/i06

4. Молодкин В.Б., Низкова А.И., Богданов Е.И., Дмитриев С.В., Лизунов В.В., Скакунова Е.С., Толмачев Н.Г., Василик Я.В., Карпов А.Г.,. Войток О.Г, Почекуев В.П., Создание основ интегральной динамической дифрактометрии микро- и нанонеоднородностей структуры кристаллов с дефектами и нарушенным поверхностным слоем. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології. 2017. 15, № 2. С. 261–275. https://www.imp.kiev.ua/nanosys/media/pdf/2017/2/nano_vol15_iss2_p0261p0275_2017.pdf.

5. Kotrechko S., Timoshevskii A., Kolyvoshko E., Matviychuk Yu., Stetsenko N. Thermomechanical Stability of Carbyne-Based Nanodevices. Nanoscale Research Letters. 2017. 12. P. 327–334. doi: 10.1186/s11671-017-2099-4.

6. Криницкий А.В., Коржова Н. П., Легкая Т. Н., Самелюк А. В., Щербакова Л. Г. Влияние легирования на механические свойства и коррозионную стойкость высокопрочных эвтектических (α-Al+Mg2Si) сплавов тройной системы Al–Mg–Si. Металлофизика и новейшие технологии. 2017. 39, № 9. С. 1239-1252. http://mfint.imp.kiev.ua/ua/abstract/v39/i09/1239.html.

7. Легка Т.М., Воропаєв В.С., Мордовець Н.М.,.Восокобойник І.В. Коржова Н.П., Властивості високоміцного сплаву алюмінію в литому та деформованому стані. В зб. IV міжнародної конференції «Наука, як рушійна антикризова сила», К., ЦНП “Велес”. 2017, ч.1. С. 59-64. http://cnp.org.ua/files/Archive/August_2017/Kiev_august_2017_part_1.pdf

8. Мельник А.Б., Сульженко В.К. Исследование процессов плавления в алюминии. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології. 2017. 15, № 4. С. 629–636

9. Легка Т.М., Міка Т.М., Коржова Н.П., Воскобойнік І.В., Мордовець Н.М., Мільман Ю. В. Особливості будови Al-кута фазової діаграми потрійної системи Al–Ge–Mg. Порошковая металургія. 2018. № 11-12. С. 116-124. http://www.materials.kiev.ua/article/2695

10. Korzhova N., Legka T., Milman Yu., Grinkevych K. New high-strength aluminium alloys potentially deformable. "Advanced Materials and Technologies: From Idea to Market". 10th International Conference. October 24-26. 2018. Ninghai, China. Book of Abstracts. 2018. P. 35-36. http://www.materials.kiev.ua/conferences/PMT018/BOA%20China%202018%20Ninghai_final_last.pdf

11. Коржова Н. П., Легка Т.М., Мільман Ю.В., Гончарук В.А., Воскобойнік І.В., Мордовець Н.М., Самелюк А.В., Мельник В.Х. Структура та властивості високоміцних ливарних сплавів алюмінію на основі потрійної

системи Al– Mg–Ge. Электронная микроскопия. 2018. № 24. С. 20-27. http://www.materials.kiev.ua/article/2665

12. Nadutov V.M., Vashchuk D.L., Karbivskii V.L., Volosevich P.Yu., Davydenko O.A. Allotropic forms of carbon in the Invar Fe–Ni–C alloy before and after plastic deformation by upsetting. Philosophical Magazine. 2018. 98, № 12. P. 1087 – 1098. https://doi.org/10.1080/14786435.2018.1427897

13. Danilchenko V.E., Bondar V.I., Filatov A.V., Mazanko V.F., Iakovlev V.E. Effect of Cyclic Martensitic □-□-□ Transformations on Diffusion Characteristics of Carbon in an Iron-manganese alloy. Prog. Phys. Met. 2018. 19, № 1. P. 70-94. DOI: https://doi.org/10.15407/ufm.19.01.070

14. Nowicki M., Szewczyk R., Charubin T., Marusenkov A., Nosenko A., Kyrylchuk V. Modeling the Hysteresis Loop of Ultra-High Permeability Amorphous Alloy for Space Applications. Materials. 2018. 11, №11 2079. doi: 10.3390/ma11112079

15. Charubin T., Nowicki M., Marusenkov A., Szewczyk R., Nosenko A., Kyrylchuk V. Mobile Ferrograph System for Ultrahigh Permeability Alloys. Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems. 2018. 12, №3. P. 40-42 DOI: 10.14313/JAMRIS_3-2018/16

16. Nowicki M., Gazda P., Szewczyk R., Marusenkov A., Nosenko A., Kyrylchuk V. Strain Dependence of Hysteretic Giant Magnetoimpedance Eпect in Co-Based Amorphous Ribbon. Materials 2019. 12, № 13. P. 2110. https://doi.org/10.3390/ma12132110

17. Молодкин В.Б., Низкова А.И., Лизунов В.В., Толмачев Н.Г., Дмитриев С.В., Макаренко Л.И., Решетник О.В., Владимирова Т.П., Василик Я.В., Заболотный И.Н. Метод деформационных зависимостей полной интегральной интенсивности динамической дифракции в монокристаллах с дефектами для случая преобладающего вклада диффузной составляющей. Металлофиз. новейшие технол. 2019. 41, № 12. С. 1677–1690. http://mfint.imp.kiev.ua/ru/abstract/v41/i12/1677.html

18. Kosorukova T.A., Gerstein G., Odnosum V.V., Koval Yu.N., Maier H.J., Firstov G.S. Materials. 2019. 12, № 24. P. 4227. https://doi.org/10.3390/ma12244227

19. Filatov O., Soldatenko S., Soldatenko O. The determination of temperature stability of silver nanotubes by the molecular dynamics simulation. Applied Nanoscience. 2019. 9, № 5. P. 853–857. https://doi.org/10.1007/s13204-018-0770-4

20. Kotrechko S., Timoshevskii A., Kolyvoshko E., Matviychuk Yu., Stetsenko N., Zhang B. Lifetime of carbyne-based nanodevices: size and “even-odd” effects. The European Physical Journal Plus. 2019. 134, 4. P. 182–191. doi:10.1140/epjp/i2019-12611-5

21. Kotrechko S., Timoshevskii A., Kolyvoshko E., Matviychuk Yu., Stetsenko N. Nanodevice lifetime prediction – the challenge for nano- and micromechanics. Procedia Structural Integrity. 2019. 23. P. 310–315. https://doi.org/10.1016/j.prostr.2020.01.105

22. Markovsky P.E., Ikeda M., Ueda M., Bondarchuk V.I. Microstructure and Mechanical Properties of a new Ti-1.5Al-1Fe-7.2Cr alloy produced with conventional cast and wrought approach. Metallofizika i Noveishie Technologii 2019, 41, №10. P.1315-1329. https://doi.org/10.15407/mfint.41.10.1315

23. Коржова Н.П., Легка Т.М., Мільман Ю.В., Грінкевич К.Е., Воскобойнік І.В., Мельник В.Х. Потрійні системи Al–Mg–Ge та Al–Mg–Si як підґрунтя для створення ливарних сплавів алюмінію. Розвиток науки у вік інформаційних технологій. V Міжнародна наукова конференція. Київ. 30 вересня 2019 р. Центр наукових публікацій „Велес”. с. 81-86. http://www.cnp.org.ua/files/Archive/September_2019/Kyiv_september_2019.pdf

24. Legka T.M., Mika T.M., Milman Yu.V., Korzhova N.P., Voskoboynik I.V., Mordovets N.M. Constitution of the Al corner in the ternary Al-Ge-Mg phase diagram. Powder Metallurgy and Metal Ceramics. 2019. № 11-12. p. 716-722. https://doi.org/10.1007/s11106-019-00036-5

25. Melnick A.B., Beloshapka V.Ya., Soolshenko V. K.Modelling of Transition Metal High-Entropy Solid Solutions. Nanosistemi, Nanomateriali, Nanotehnologii. 2019. 17, № 3. P. 557–566

26. Melnick A.B., Soolshenko V.K., Levchuk K.H. Thermodynamic Prediction of Phase Composition of Transition Metals High-Entropy Alloys. Metallophysics and Advanced Technologies. 2020. 42, №. 10. P. 1387–1400. https://doi.org/10.15407/mfint.42.10.1387

27. Filatov O., Soldatenko O. Size dependence of thermal expansion of silver nanowires. Applied Nanoscience. 2020. 10. P. 4827–4830. https://doi.org/10.1007/s13204-020-01487-8

28. Kotrechko S., Timoshevskii A., Kolyvoshko E., Matviychuk Yu., Stetsenko N., Mikhailovskij I. Key factors governing lifetime of carbyne-graphene nanoelements. Theoretical and Applied Fracture Mechanics. 2020. 108. 102609. DOI: 10.1016/j.tafmec.2020.102609

29. Kotrechko S., Timoshevskii A., Kolyvoshko E., Matviychuk Yu., Stetsenko N. Predicting the lifetime of nanoelements: a new trend in micromechanics. Procedia Structural Integrity. 2020. 28. P. 116–123. DOI: 10.1016/j.prostr.2020.10.015

30. Danilchenko V.E., Bondar V.I., Dzevin Ie.M. Formation of ultrafine structure of Armco irun under the influence of laser pulse treatment. Applied Nanoscience. 2020. 10. P. 4625–4628. https://doi.org/10.1007/s13204-020-01403-0

31. Volosevich P.Yu., Vashchuk D.L. Hydrodynamic Extrusion and Its Effect on Graphite Behavior and Structure Formation in Invar 1N31 Alloy. Steel in Translation. 2020. 50, № 6. P. 420-425. https://doi.org/10.3103/S096709122006011X

32. Markovsky P.E., Bondarchuk V.I., Akhonin S.V., Berezos A.V. Electron Beam Cold Hearth Melted Titanium Alloys and the Possibility of Their Use as Anti-Ballistic Materials. Proceedings of 14th World Conference on Ti. 10-15 June. 2019. Nantes, France, MATEC Web of Conferences. 2020. 321. 11036. https://doi.org/10.1051/matecconf/202032111036

33. Markovsky P.E., Akhonin S.V., Berezos V.A., Stasyuk O.O., Karasevska O.P., Gavrysh I.M. Microstructure and Tensile Properties of Cost-Efficient Thermally Hardenable □+□ Alloys of Ti-Al-Mo-Fe and Ti-Al-Mo-Cr Systems Metallography, Microstructure, and Analysis. 2020. 9. P.856–872. https://doi.org/10.1007/s13632-020-00705-7

34. Nosenko A.V., Kyrylchuk V.V., Semen'ko M.P., Nowicki M., Marusenkov A., Mika T.M., Semyrga O.M., Zelinska G.M., Nosenko V.K. Soft magnetic cobalt based amorphous alloys with low saturation induction. Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2020. 515. 167328. https://doi.org/10.1016/j.jmmm. 2020.167328

35. Korzhova N., Legka T., Milman Y., Grinkevich K., Mordovec N., Voskoboynik I., Melnik V., Sheretsky O., Burtsev V. Перспективні ливарні сплави з підвищеною міцністю на основі потрійних систем Al–Mg–Ge(Si). Успіхи матеріалознавства. 2020. № 1. С. 55-66. https://doi.org/10.15407/materials 2020.01.055

36. Molodkin V.B., Storizhko V.Yu., Kladko V.P., Lizunov V.V., Nizkova A.I., Gudymenko O.Yo., Olikhovskii S.I., Tolmachev M.G., Dmitriev S.V., Demchyk I.I., Bogdanov E.I., Hinko B.I. New Possibilities for Phase-Variation Structural Diagnostics of Multiparametrical Monocrystalline Systems with Defects. Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. 2021. 24, № 1. P. 5–15. DOI: https://doi.org/10.15407/spqeo24.01.005

37. Danilchenko V.E., Bondar V.I., Dzevin Ie.M. Effect of laser treatment on the characteristics of martensitic transformation in Fe–Ni alloy. Applied Nanoscience. 2021. P. 1-5. https://doi.org/10.1007/s13204-021-01746-2

38. Подрезов Ю.М., Гогаєв К.О., Воропаєв В.С., Євич Я.І., Коржова Н.П., Легка Т.М. Структура та властивості дискретно армованих композиційних матеріалів на основі системи Al–Si–Mg. Порошкова металургія. 2021. №7/8. С.133-142

Mordyuk B., Khripta N., Odnosum V., Kedrovsky S., Zhao L., Lesyk D., Enhancing Properties of TiZrHfNbTa Alloy by Surface Layers Nanostructuring Using Cryogenic Ultrasonic Impact Treatment. 11th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties. IEEE. 2021 (NAP), DOI: 10.1109/NAP51885.2021.9568529

X. Заключні відомості

Керівник юридичної особи Татаренко Валентин Андрійович
д. ф.-м. н., 01.04.07

Перелік осіб-виконавців

Відповідальний за підготовку облікових документів Дехтяр Олександр Ілліч

Телефон +38 (050) 194-77-33

Реєстратор

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності

