Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0823U101072

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 02-11-2023

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ Ректора Львівського національного університету імені Івана Франка від 20.12.2023 р. № 4069

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ємельянченко Владислав Васильович
2. Vladyslav V. Yemelianchenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1647-6068

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 104

Назва наукової спеціальності: Фізика та астрономія

Галузь / галузі знань: природничі науки

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Фізика та астрономія

Дата захисту: 29-11-2023

Спеціальність за освітою: Фізика та астрономія

Місце роботи здобувача: Державний навчальний заклад «ЗАПОРІЗЬКИЙ ПРОФЕСІЙНИЙ ТОРГОВО-КУЛІНАРНИЙ ЛІЦЕЙ»

Код за ЄДРПОУ: 01566560

Місцезнаходження: вул. Валерія Лобановського, будинок 1, Запоріжжя, Запорізький р-н., 69006, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 35.051.118_ID 2394

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.19.13, 29.19.15

Тема дисертації:

1. Формування високоентропійних сплавів в умовах швидкого охолодження розплаву при лазерному легуванні металів.

2. Formation of high-entropy alloys under conditions of rapid cooling of the melt during laser alloying of metals.

Реферат/анотація:

1. Дисертаційна робота присвячена експериментальному дослідженню структурно-фазового стану, розрахунку температурних залежностей часу зародкоутворення для конкуруючих фаз та моделюванню процесів кристалізації у високоентропійних сплавах систем Co-Cr-Fe-Ni, Al-Co-Cr-Fe-Ni, Al-Co-Cr-Cu-Fe-Ni при отриманні їх методом лазерного легування. Потреба у використанні нових металевих матеріалів із високими фізико-механічними властивостями та експлуатаційними характеристиками, що забезпечать необхідну надійність роботи готових виробів в екстремальних умовах, завжди була актуальною для розвитку сучасної техніки. Традиційний підхід у створенні нових металевих сплавів полягає у виборі одного матеріалу в якості основного і його подальшого легування з метою отримання бажаної комбінації механічних та технологічних властивостей. В результаті застосування такого принципу створено велику кількість сплавів на основі одного компоненту, зокрема сталі, мідні, алюмінієві, титанові сплави тощо. Означений метод

розробки матеріалів є суттєво обмеженим з точки зору потенційного застосування одержаних металевих сплавів, навіть у випадках коли для покращення властивостей додають значну кількість легуючих елементів. Високоентропійні сплави мають підвищені у порівнянні з традиційними сплавами значення ентропії змішування, що досягаються внаслідок збільшення кількості складових елементів (від 5 і більше), концентрація яких може змінюватися від 5 до 35 ат. %. Такі сплави складаються з твердих розчинів (проста кристалічна структура ОЦК, ГЦК) і мають покращені механічні властивості. Стабілізація твердих розчинів і запобігання утворенню інтерметалевих сполук у процесі кристалізації забезпечується високою ентропією змішування в початковому рідкому стані. Ентропія при утворенні твердого розчину збільшується з ростом кількості елементів відповідно до гіпотези Больцмана. Високоентропійні сплави характеризуються низькими у порівнянні з традиційними сплавами значеннями коефіцієнтів дифузії, значними твердістю і зносостійкістю, стійкістю до окислення, а також високими корозійною та радіаційною стійкістю, що дозволяє значно розширити область їхнього застосування. Переважна більшість відомих ВЕСів була одержана методами вакуумно-дугової плавки, або плавки в атмосфері аргону. Проте у багатьох випадках доцільним є створення не об'ємних ВЕСів, а локальних покриттів з підвищеними механічними властивостями. Серед відомих методів одержання таких покриттів лазерне легування є одним з найбільш перспективних внаслідок високої технологічності процесу. При дослідженнях ВЕСів, одержаних методом лазерного легування, на особливу зацікавленність заслуговують сплави, у яких формується суміш ОЦК та ГЦК – фаз, оскільки високі швидкості охолодження можуть впливати на кількісне співвідношення між фазами з різними кристалічними гратками, а структура сплавів безспосередньо впливає на їх властивості. ВЕСи на основі ГЦК твердого розчину характеризуються низькою міцністю та високою пластичністю, а ВЕСи з ОЦК структурою навпаки - високою міцністю й низькою пластичністю. Тому актуальним завданням є створення критеріїв і методів прогнозування кристалічної структури ВЕСів з урахування характерних для лазерного легування швидкостей охолодження та гетерогенного характеру процесів зародкоутворення і кристалізації задля одержання сплавів з наперед заданими властивостями. В роботі було проведено експериментальне дослідження фазового складу, мікроструктури та механічних властивостей чотирьох-, п'яти- та шестикомпонентних ВЕСів, одержаних методом лазерного легування евіатомними сумішами порошків перехідних металів на поверхні технічно чистих алюмінію та заліза, розрахунок температурних залежностей часу зародкоутворення для конкуруючих фаз та моделювання процесу кристалізації для високоентропійних сплавів систем Al-Co-Cr-Fe-Ni та Al-Co-Cr-Cu-Fe-Ni при лазерному легуванні. Отримані в роботі наукові результати і встановлені фізичні закономірності становлять практичний інтерес при створенні методичних та наукових засад розробки високоентропійних сплавів для цілеспрямованого керування їхніми структурою та властивостями, а також практичного використання цього класу сплавів - створення захисних покриттів на виробах з промислових сплавів у локальних місцях з високим ступенем адгезії. Об'єктом дослідження було формування типових для ВЕСів фаз в умовах високих швидкостей охолодження розплаву, характерних для лазерного легування. Предметом дослідження було встановлення фізичних закономірностей впливу кінетичних факторів та хімічного складу на процеси формування структури і механічні властивості ВЕСів.

2. The thesis is devoted to the experimental study of the structural phase state, the calculation of the nucleation time temperature dependence for competing phases, and the modeling of crystallization processes in high-entropy alloys of the Co-Cr-Fe-Ni, Al-Co-Cr-Fe-Ni, Al-Co-Cr- Cu-Fe-Ni systems obtained by laser alloying. The need to use new metal materials with high physical and mechanical properties and operational characteristics, which will ensure the necessary reliability of finished products in extreme conditions, has always been relevant for the development of modern technology. The traditional approach to the creation of new metal alloys consists in choosing one material as the main one and its subsequent alloying in order to obtain the desired combination of mechanical and technological properties. As a result of the application of this principle, a large number of alloys based on one component have been created, including steel, copper, aluminum, titanium alloys, etc. The specified method of materials development is significantly limited from the point of view of the potential application of the obtained metal alloys, even in cases where a significant amount of alloying elements are added to improve the

properties. High-entropy alloys have higher mixing entropy values compared to traditional alloys, which are achieved due to an increase in the number of constituent elements (from 5 or more), the concentration of which can vary from 5 to 35 at. %. Such alloys consist of solid solutions (simple crystal structure BCC, FCC) and have improved mechanical properties. Stabilization of solid solutions and prevention of the formation of intermetallic compounds during the crystallization process is ensured by the high entropy of mixing in the initial liquid state. Entropy during the formation of a solid solution increases with the growth of the number of elements according to the Boltzmann hypothesis. High-entropy alloys are characterized by low values of diffusion coefficients compared to traditional alloys, significant hardness and wear resistance, resistance to oxidation, as well as high corrosion and radiation resistance, which allows to significantly expand the scope of their application. The vast majority of known HEAs were produced by methods of vacuum-arc melting, or melting in an argon atmosphere. However, in many cases, it is expedient to create local coatings with increased mechanical properties rather than bulk wind turbines. Among the known methods of obtaining such coatings, laser alloying is one of the most promising due to the high manufacturability of the process. Alloys in which a mixture of BCC and FCC phases is formed are of particular interest when studying HEAs obtained by laser alloying, since high cooling rates can affect the quantitative ratio between phases with different crystal lattices, and the structure of alloys directly affects their properties. HEAs based on FCC solid solution are characterized by low strength and high plasticity, and HEAs with BCC structure, on the contrary, have high strength and low plasticity. Therefore, an urgent task is to create criteria and methods for predicting the crystal structure of HEAs, taking into account the cooling rates typial for laser alloying and the heterogeneous nature of the nucleation and crystallization processes in order to obtain alloys with predetermined properties. The work carried out an experimental study of the phase composition, microstructure, and mechanical properties of four-, five-, and six-component HEAs obtained by the method of laser alloying with equiatomic mixtures of transition metal powders on the surface of technically pure aluminum and iron, the calculation of the temperature dependence of the nucleation time for competing phases and modeling of the crystallization process for high-entropy alloys of the Al-Co-Cr-Fe-Ni and Al-Co-Cr-Cu-Fe-Ni systems during laser alloying. The scientific results obtained in the work and the established physical regularities are of practical interest in the creation of methodological and scientific foundations for the development of high-entropy alloys for purposeful management of their structure and properties, as well as the practical use of this class of alloys - the creation of protective coatings on products from industrial alloys in local places with high degree of adhesion. The object of the research was the formation of phases typical for HEAs in the conditions of high cooling rates of the melt, characteristic of laser alloying. The subject of the study was the establishment of physical regularities of the influence of kinetic factors and chemical composition on the processes of structure formation and mechanical properties of HEAs.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Нові речовини і матеріали

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 1. V.□V. Girzhon, V.□V. Yemelianchenko, O.□V. Kushch, I.□O. Bykov. Laser Nitriding of Titanium Alloys // Metallofiz. Noveishie Tekhnol. 2020. Vol. 42. P. 553 – 563.
- 2. V.□V. Girzhon, V.□V. Yemelianchenko, O.□V. Smolyakov. Structure of High-Entropy AlCoCrFeNi Alloy Obtained by Laser Alloying // Metallofiz. Noveishie Tekhnol. 2021. Vol. 43. P. 399 – 406.
- 3. V.□V. Girzhon, V.□V. Yemelianchenko, O.□V. Smolyakov. Structure of High-Entropy CoCrFeNi Alloy Obtained by Laser Alloying // Metallofiz. Noveishie Tekhnol. 2022. Vol. 44. P. 725 – 733.

- 4. V.V. Girzhon, V.V. Yemelianchenko, O.V. Smolyakov, A.S. Razzokov. Analysis of structure formation processes features in high-entropy alloys of Al-Co-Cr-Fe-Ni system during laser alloying / // Results in Materials. 2022. Vol. 15. 100311.
- 5. V.V. Girzhon, V.V. Yemelianchenko, O.V. Smolyakov. High entropy coating from AlCoCrCuFeNi alloy, obtained by laser alloying / // Acta Metallurgica Slovaca. 2023. Vol. 29. P. 44 – 49.
- 6. В.В. Ємельянченко, В.В. Гіржон, О.В. Кущ. Лазерна обробка титанових сплавів у різних газових середовищах. Збірник тез Міжнародної конференції студентів та молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики «Еврика-2019», Львів, Україна, С. А7.
- 7. В.В. Ємельянченко, В.В. Гіржон, О.В. Смоляков. Структура високоентропійного сплаву AlCoCrFeNi, отриманого методом лазерного легування. Збірник тез Міжнародної конференції студентів та молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики «Еврика-2020», Львів, Україна, С. А18.
- 8. В.В. Гіржон, В.В. Ємельянченко, О.В. Смоляков. Покриття з високоентропійного сплаву системи Co-Cr-Fe-Ni, одержане методом лазерного легування. Матеріали III Всеукраїнської конференції молодих учених «Сучасне матеріалознавство. Матеріали та технології.» (СММТ-2021), Київ, Україна, С. 38.
- 9. В.В. Ємельянченко, В.В. Гіржон, О.В. Смоляков. Структура високоентропійного сплаву CoCrFeNi, отриманого методом лазерного легування. Збірник тез Міжнародної конференції студентів та молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики «Еврика-2021», Львів, Україна, С. А5.
- 10. В.В. Ємельянченко, В.В. Гіржон, О.В. Смоляков. Високоентропійне покриття зі сплаву системи Al-Co-Cr-Cu-Fe-Ni одержане методом лазерного легування. Збірник тез Міжнародної конференції студентів та молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики «Еврика-2022», Львів, Україна, С. А4.

Наукова (науково-технічна) продукція: матеріали

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впровадження не планується

Зв'язок з науковими темами: № 0117U000511, № 0122U001521

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гіржон Василь Васильович

2. Vasyl V. Girzhon

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9973-2214

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 7003792481; Web of Science Researcher ID: AIB-1298-2022; https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=-uFRjVMAAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Запорізька політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02070849

Місцезнаходження: вул. Жуковського, буд. 64, Запоріжжя, Запорізький р-н., 69063, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Штаблавий Ігор Іванович

2. Ihor I. Shtablavyi

Кваліфікація: д. ф.-м. н., доц., 01.04.13

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8027-9221

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 6504707780; Web of Science Researcher ID: F-1180-2019; https://scholar.google.com.ua/citations?user=VeT6gvAAAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Семенько Михайло Петрович

2. Mykhailo P. Semenko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.13

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5664-4647

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 57193741937; https://scholar.google.com.ua/citations?user=nCk9zZcAAAAJ; Web of Science Researcher ID : GDE-8764-2022

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Код за ЄДРПОУ: 02070944

Місцезнаходження: вул. Володимирська, буд. 60, Київ, 01033, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Попович Дмитро Іванович

2. Dmytro I. Popovych

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.18

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4190-225X

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 6506631202; Web of Science Researcher ID: F-7083-2017; https://scholar.google.com.ua/citations?user=rGsR-GsAAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 03534430

Місцезнаходження: вул. Наукова, буд. 3-б, Львів, 79060, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Никируй Юлія Семенівна
2. Yuliia S. Nykyrui

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.13

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5808-0857

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 55382481900; Web of Science Researcher ID: M-1846-2019; https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=GME2o9AAAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Плевачук Юрій Олександрович
2. Yurii O. Plevachuk

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.13

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8472-6447

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 7003678733; Web of Science Researcher ID: M-8485-2019; https://scholar.google.com.ua/citations?user=kmLfLiwAAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Мудрий Степан Іванович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Мудрий Степан Іванович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Жак Ольга Володимирівна
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна