

ЗАТВЕРДЖУЮ
Генеральний директор ННЦ ХФТІ
Шульга М. Ф.



АНОТОВАНИЙ ЗВІТ
про виконану роботу у 2020 році в рамках реалізації проєкту
із виконання наукових досліджень і розробок

Фундаментальні аспекти створення принципово нових матеріалів з унікальними фізико-механічними та радіаційними властивостями на базі концентрованих багатокомпонентних сплавів
(назва Проєкту)

Назва конкурсу: «Підтримка досліджень провідних та молодих учених»
Реєстраційний номер Проєкту: 2020.02/0327

Підстава для реалізації Проєкту з виконання наукових досліджень і розробок (реєстраційний номер та назва Проєкту) 2020.02/0327 «Фундаментальні аспекти створення принципово нових матеріалів з унікальними фізико-механічними та радіаційними властивостями на базі концентрованих багатокомпонентних сплавів»

Рішення наукової ради Національного фонду досліджень України щодо визначення переможця конкурсу «Підтримка досліджень провідних та молодих учених» протокол від «16-17» вересня 2020 року №21.

1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

Тривалість виконання Проєкту
Початок – 04.11.2020 року;
Закінчення – 2022 рік.

Загальна вартість Проєкту, грн.
5 383 000,00 грн. (п'ять мільйонів триста вісімдесят три тисячі гривень 00 копійок)

Вартість Проєкту по роках, грн.:

1-й рік 333 000,00 грн. (триста тридцять три тисячі гривень 00 копійок).
2-й рік 2 031 000,00 грн. (два мільйони тридцять одна тисяча гривень 00 копійок).
3-й рік 3 019 000,00 грн. (три мільйони дев'ятнадцять тисяч гривень 00 копійок).

2. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКОНАВЦІВ ПРОЄКТУ

до виконання Проєкту залучено 6 виконавців, з них:
доктори наук 2 ;
кандидати наук 1 ;
інші працівники 3 .

Інформація про виконавців (авторів) Проєкту (в тому числі особи , які будуть залучені до виконання Проєкту за трудовим договором або угодою цивільно-правового характеру : ПІБ , основне місце роботи , посада, науковий ступінь).

1. Воєводін Віктор Миколайович, ННЦ «ХФТІ», директор ІФТТМТ, д.ф.-м.н.;
2. Толстолуцька Галина Дмитрівна, ННЦ «ХФТІ», начальник лабораторії, д.ф.-м.н.;
3. Тихоновський Михайло Андрійович, ННЦ «ХФТІ», начальник лабораторії, к.ф.-м.н.;
4. Ростова Ганна Юріївна, ННЦ «ХФТІ», молодший науковий співробітник;
5. Клименко Ілля Олегович, ННЦ «ХФТІ», молодший науковий співробітник;
6. Левенець Анастасія Володимирівна, ННЦ «ХФТІ», молодший науковий співробітник.

3. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ГРАНТООТРИМУВАЧА ТА ОРГАНІЗАЦІЮ (І) СУБВИКОНАВЦЯ (ІВ) ПРОЄКТУ

Національний науковий центр «Харківський фізико - технічний інститут»

Учасник

Державна організація (установа, заклад, підприємство)

Організаційно-правова форма підприємства/установи/організації

Національна академія наук України

Підпорядкованість підприємства/установи/організації

14312223

Код ЄДРПОУ

72.19; 85.42; 91.02

Код(и) КВЕД

Фізика радіаційних явищ, іонно-променеві технології та радіаційне матеріалознавство

Стратегічні напрями наукової діяльності

Микола Федорович Шульга

ПІБ керівника підприємства/установи/організації

61108, вул. Академічна, 1, Харків, Україна

Юридична адреса підприємства/установи/організації

61108, вул. Академічна, 1, Харків, Україна

Поштова адреса

61108, вул. Академічна, 1, Харків, Україна

Фактична адреса

+38 (057) 335-35-30

Телефон

nsc@kipt.kharkov.ua

Адреса електронної пошти

Субвиконавці до виконання Проєкту не залучені.

4. ОПИС ПРОЄКТУ

4.1. Мета Проєкту (до 200 знаків)

Створення наукових основ керування структурою, фізико-механічними та радіаційними властивостями принципово нового класу металевих матеріалів на основі багатокомпонентних концентрованих сплавів (БККС) та реалізація отриманих фундаментальних результатів для розробки конкретних матеріалів з підвищеними експлуатаційними характеристиками.

4.2. Основні завдання Проєкту (до 400 знаків)

Удосконалення фізичних принципів вибору основних елементів БККС для створення керованих структурних станів.

Розробка шляхів оптимізації типу та вмісту легуючих елементів.

Дослідження впливу різних методів й режимів термомеханічної обробки на розмір зерен і вторинних фаз та механічні характеристики БККС.

Вивчення механізмів пластичної деформації, корозії, радіаційних пошкоджень, радіаційного розпухання та радіаційного зміцнення (окрихчення) БККС.

Розробка окремих БККС цільового призначення і патентування їх складу та способів отримання.

4.3. Детальний зміст Проєкту:

- Сучасний стан проблеми (до 400 знаків)

Потенціал конструкційних матеріалів, що експлуатуються в даний час в ядерній енергетиці та інших галузях техніки, вважається практично вичерпаним. Новий клас матеріалів - «багатокомпонентні концентровані сплави», до яких відносяться високоентропійні сплави (ВЕС), мають унікальні механічні і функціональні характеристики, що перевершують характеристики звичайних сплавів на базі одного елементу. Кількість публікацій в області БККС (ВЕС) в даний час зростає майже експоненціально.

- Новизна Проєкту (до 400 знаків)

В більшості опублікованих праць досліджувався один якийсь аспект БККС. В рамках даного проєкту на сплавах трьох типів багатокомпонентних систем, вперше буде проведено широкий комплекс досліджень. Такий комплексний підхід дозволить глибше зрозуміти фізичні процеси, що відбуваються в багатокомпонентних системах в різних умовах, та оптимізувати процеси отримання нових матеріалів з унікальними фізико-механічними та радіаційними властивостями.

- Методологія дослідження (до 400 знаків)

Для проведення комплексних досліджень будуть використані сучасні експериментальні методи: електронна мікроскопія, рентгеноструктурний аналіз, механічні випробування (включаючи наноіндентування). Для отримання і обробки БККС будуть застосовані різні технологічні методи: аргонно-дугова плавка, екструзія, прокатка, термічна обробка в високотемпературних вакуумних печах та ін. Буде проведено опромінення з використанням різних прискорених іонів в широкій області температур і радіаційних доз.

5. ОТРИМАНІ НАУКОВІ АБО НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ РЕЗУЛЬТАТИ (до 2 сторінок) в поточному році/ в рамках реалізації Проєкту, зокрема:

5.1. Опис наукових або науково-технічних результатів, отриманих в рамках виконання Проєкту (із зазначенням їх якісних та кількісних (технічних) характеристик)

З використанням термодинамічних параметрів бінарних сплавів, температур плавлення, геометричних та електронних характеристик атомів компонентів проведені розрахунки напівемпіричних критеріїв, які визначають стабільність того чи іншого фазово-структурного стану. Основоположним фактором стабільності концентрованих багатокомпонентних сплавів є ентропія змішування тому, що вона підвищується при збільшенні кількості компонент сплаву і, відповідно, знижує вільну енергію. Іншим важливим параметром є ентальпія змішування, що характеризує енергетику взаємодії компонент. Також враховувались електронегативність та високий ступінь спотворення кристалічної ґратки за рахунок великої кількості компонент, що відрізняються за атомними розмірами. З використанням цих критеріїв були встановлені області концентрацій, в межах яких реалізуються однофазні стани з ГЦК та ОЦК ґратками, для 21-ого сплаву системи Cr-Fe-Ni-Mn-Al, 30 сплавів системи Nb-Ti-V-Zr-Al та 30 сплавів системи Ta-Ti-V-Zr-Al. Також визначені області з гетерофазною структурою та фазовий склад цих областей. На основі аналізу прогнозованого фазового складу та літературних даних обрано для подальших експериментальних досліджень по 6-ть сплавів кожної системи.

Відпрацьована методика та оптимізовано процес плавки та кристалізації обраних сплавів цих систем. Отримано по шість сплавів різного складу для кожної з досліджуваних систем Cr-Fe-Ni-Mn-Al, Nb-Ti-V-Zr-Al і Ta-Ti-V-Zr-Al, тобто всього 18 злитків. Методом локального мікроаналізу встановлено високу однорідність складу злитків та хорошу відповідність їх фактичного і номінального складів. Методами металографії та електронної мікроскопії досліджена мікроструктура злитків і встановлено, при яких складах реалізується одно - або двофазний стан. Ці дані підтверджені рентгеноструктурним аналізом. Встановлено, що для систем Nb-Ti-V-Zr-Al і Ta-Ti-V-Zr-Al розрахований та експериментально отриманий фазово -структурний стан сплавів

структурний стан сплавів достатньо добре співпадають, тобто в них реалізується однофазний твердий розчин, що має ОЦК ґратку. В той же час для системи Cr-Fe-Ni-Mn-Al спостерігаються суттєві кількісні розбіжності. Так, за розрахунками сплави $(Cr_{20}Fe_{40}Mn_{25}Cr_{20}Ni_{15})_{100-x}Al_x$ з концентрацією алюмінію до $x = 8$, повинні бути однофазними і містити тільки ГЦК фазу. Експериментально ж виявлено, що ці сплави є двофазним (ГЦК + ОЦК), хоча ГЦК фаза є основною при утриманні алюмінію до 6 ат.%. Згідно з розрахунками, однофазний стан з ОЦК ґраткою повинен реалізуватися при концентрації $x = 16$ ат.%. Тоді як експериментально такий перехід спостерігається вже при 10 ат.% алюмінію. Таким чином, хоча розрахунки правильно показують тенденцію переходу від одного фазово-структурного стану в сплавах до іншого в міру збільшення концентрації алюмінію (ГЦК – ГЦК + ОЦК – ОЦК), кількісної згоди з експериментом немає. Досліджена також мікротвердість злитків, яка майже немає розкиду, що підтверджує високу однорідність сплавів, тобто відсутність ліквідацій.

5.2. За наявності науково-технічної продукції обґрунтування її переваг у порівнянні з існуючими аналогами

Проект є фундаментальним і не потребує науково-технічної продукції.

5.3. Практична цінність отриманих результатів реалізації Проєкту для економіки та суспільства (стосується проєктів, що передбачають проведення прикладних наукових досліджень і науково-технічних розробок)

Проект має фундаментальний характер. Однак практична цінність запланованих результатів реалізації Проєкту для економіки та суспільства може бути визначена за сукупними результатами виконання роботи.

5.4. Опис шляхів та способів подальшого використання результатів виконання Проєкту в суспільній практиці.

Результати проєкту будуть в подальшому використані задля розвитку фізики складних багатокомпонентних систем та розробки нових матеріалів для використання у ядерній та термоядерній енергетиці, а також, в інших областях техніки.

Анотований звіт не містить відомостей, заборонених до відкритого опублікування.

Науковий керівник Проєкту

Директор ІФТТМТ

(посада)

Воєводін В. М.

ПІБ

(підпис)