**Звіт про науково-дослідну роботу: „Науково-технологічні засади створення дисперсно зміцнених жароміцних нікелевих вольфрамо- і молібденовмісних сплавів для деталей аерокосмічної техніки”**

**Мета роботи** - створення науково-технологічних принципів отримання дисперсно-зміцнених нікелевих сплавів, що не містять хрому і леговані вольфрамом, молібденом та іншими перехідними металами з високими характеристиками технологічної пластичності і утомної міцності для роботи в середовищі продуктів згорання та повітря за температур до 1200 0С.

Терміни виконання наукової роботи: початок І кв. 2020р.

закінчення IV кв. 2022 р.

**Керівник роботи**: Солнцев Віктор Петрович, д.т.н., ( Email: ostyapetrash1990@gmail.com)

**Скорочений зміст висновків рецензентів.**

В роботі на основі результатів проведених теоретичних та експериментальних досліджень отримано та сформульовано наукові засади створення дисперсно зміцнених жароміцних нікелевих вольфрамо- і молібденовмісних сплавів для деталей аерокосмічної техніки. Ці результати заслуговують на ухвалу Бюро Відділення ВФТПМ НАН України.

**Пропозиції про подальше використання результатів роботи.**

Результати роботи можуть бути використані для розробки жароміцних сплавів для виготовлення жароміцних конструкцій теплозахисних систем гіперзвукових багаторазових літальних апаратів.

Дані про реєстрацію роботи: № 0120U101137

**РЕФЕРАТ**

**Об’єкт дослідження** – процеси реакційного спікання, сплавоутворення та формування фізико-механічних властивостей дисперсно-зміцнених сплавів на основі нікелю легованих вольфрамом, молібденом та іншими перехідними металами для отримання жароміцних, жаростійких матеріалів.

**Мета роботи** – створення науково-технологічних принципів отримання дисперсно-зміцнених нікелевих сплавів, що не містять хрому і леговані вольфрамом, молібденом та іншими перехідними металами з високими характеристиками технологічної пластичності і утомної міцності для роботи в середовищі продуктів згорання та повітря за температур до 1200 0С.

**Методи дослідження** – моделювання термокінетики процесів спікання та окиснення з використанням синергетичного підходу, технологічні засоби порошкової металургії, фізико-механічні та функціональні випробування, рентгенофазовий аналіз, металографія, фрактографічний аналіз.

Встановлено закономірності реакційного спікання дисперсне зміцнених нікелевих сплавів з перитектичним та евтектичним характером взаємодії. Досліджено процеси окиснення при температурах до 1250 0С та вплив легування перехідними металами на механізми створення жаростійких та жароміцних матеріалів і формування властивостей матеріалів. Змодельовано поведінку термокінетичних процесів при спіканні та окисненні сплавів, що дозволило співставити теоретичні та експериментальні результати і сформулювати засади створення дисперсне зміцнених нікелевих сплавів.

**Ключові слова**: РЕАКЦІЙНЕ СПІКАННЯ, НІКЕЛЬ, ДИСПЕРСНОЗМІЦНЕНІ ЖАРОМІЦНІ СПЛАВИ, МОДЕЛЮВАННЯ, ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, ЛЕГУВАННЯ, МОЛІБДЕН, ВОЛЬФРАМ, ТИТАН.

**Публікації**

1. Solntsev V.P. Simulation of thermokinetics of the reactive sintering process in a powder nickel - aluminum mixture [Текст] / V.P Solntsev, K.M. Petrash, A;M; Shakhnovsky, T. Yu. Terekh // КМХТ-2020: Збірник наукових статей Восьмої міжнар. наук.-практ. конф. – Київ. – 2020 – С. 126-132.

2. Солнцев В.П. Oсобенности формирования структури, технологических, механических и функциональных свойств никелевых нанодисперсноупрочненных суперсплавов [Текст] / В.П. Солнцев, В.А. Назаренко, Т.О. Солнцева, М.А. Васильківська, Ю.Ф. Луговський, М.П. Бродніковський // 9 Научные чтения им. чл.-корр. РАН И.А. Одинга «Mеханические свойства современных конструкционных материалов». – Mосква. – 2020. – С. 80-81.

3. Solntsev V. Оbservation and mechanisms of high technological plasticity and high fatigue strength of nano dispersion hardened nickel alloys [Текст] / V. Solntsev , V. Nazarenko, M. Vasilkovskaya, Yu. Lugovskoy, T. Solntseva // 1st International Research and Practice Conference «Nanoobjects & Nanostructuring». – Lviv. – 2020. – Р.117.

4. Cолнцев В.П. Особливості технологічних, фізико-механічних і функціональних властивостей нанодисперсних реакційно-спечених нікелевих сплавів [Текст] / В.П.Солнцев, В.А. Назаренко, Т.О. Солнцева, М.А. Васильківська, Ю.Ф. Луговський, М.П. Бродніковський // Матеріали конференції «Функціональні матеріали для інноваційної енергетики». – Київ. – 2020. – C. 48.

5. Solntsev V.P. Simulation of the thermokinetics of reactive sintering of nickel with aluminum in the interval of eutectic decomposition of intermetallide [Текст] / V. P Solntsev, A. M. Shakhnovsky , O. O. Kvitka, K. M. Petrash , T.A. Solntseva , T. Yu. Terekh // Комп’ютерне моделювання і керування в техніці та технологіях КМКТТ-2021: Збірник наукових статей Дев’ятої міжнар. наук.-практ. конф. – Київ. – 2021. –P. 90-97.

6. Solntsev V.P. Nano-dispersion-strengthened nickel superalloys with directional intermetallic inclusions [Текст] / V.P. Solntsev, V.A. Nazarenko, T.A. Solntseva, K.N. Petrash, M.A Vasilkovskaya, Y.F. Lugovskoy // Матеріали конференції «Функціональні матеріали для інноваційної енергетики».– Київ. – 2021. – C. 39.

7. Solntsev V.P. Regularities of decomposition of transinion metal diselenides of iv-via groups and mechanisms for the formation of dissipative structures and objects [Текст] / V.P.Solntsev, T.A. Solntseva // 7TH International Samsonov Conference “Materials Science of Refractory Compounds”. – Kyiv. – 2021. – C.21.

8. Solntsev V.P. Mechanisms of high technological plasticity and formation of structure and properties during thermomechanical processing of nano dispersion strengthened nickel alloys [Текст] / V.P. Solntsev, M.A. Vasilkovskaya, V.A. Nazarenko, K.N. Petrash, Y.F. Lugovskoy, N.P. Brodnikovsky, T.A. Solntseva // 7TH International Samsonov Conference “Materials Science of Refractory Compounds”. – Kyiv. – 2021. – C.30.

9. Petrash K.M. Prospects of applying computational intelligence in the study of reaction sintering of heterogeneous systems in powder metallurgy [Текст] / K.M. Petrash, V.P. Solntsev, A.M. Shakhnovsky, T.A. Solntseva // Computational Intelligence. VI-th International Conference X-th International School-Seminar. – Kyiv-Uzhorod. – 2021. – C.97- 98.

10. Solntsev V. The nature of the heat resistance of nano-dispersion hardened nichrome in atmospheric conditions [Текст] / V. Solntsev, T. Solntseva, K. Petrash, M. Vasylkivska // 7th International Materials Science Conference High Mat Tech – 2021. – Kyiv. – 2021. – С.52.

11. Solntsev V. Thermokinetics of titanium oxidation [Текст] / V. Solntsev, A. Shakhnovsky, K. Petrash, A. Kitsun , T. Solntseva , O. Kvitka // 7th International Materials Science Conference High Mat Tech – 2021. – Kyiv. – 2021. – С.43.

12. Solntsev V. On Nonlinear Mechanisms of the Formation of Protective Films in the Oxidation of Nickel Alloys Alloyed with Refractory Metals [Текст] / V. Solntsev, G. Baglyuk, T. Solntseva, K. Petrash, A. Mamonova, G. Molchanovska, М. Vasylkivska // VIIITH International Samsonov Conference “Materials Science of Refractory Compounds ”. – Kyiv. – 2022. – C.62.

13. Petrash K. Features of formation of the structure of nanodispersed nickel alloys in reaction sintering [Текст] / K. Petrash, V. Solntsev, G. Baglyuk, V. Nazarenko, T. Solntseva, Yu. Lugovskoy // 2nd International Research and Practice Conference «Nanoobjects & Nano-structuring» (N&N‒2022). – Lviv. – 2022. – С.16-17.

14. Solntsev V. Formation of dissipative structures of nanosized thickness under dry sliding friction of self-organizing materials [Текст] / G. Baglyuk, T. Solntseva // 2nd International Research and Practice Conference «Nanoobjects & Nano-structuring» (N&N‒2022). – Lviv. – 2022. – С.12-13.

15. Солнцев В.П. Нанодисперсно-упрочненные никелевые стареющие суперсплавы, полученные реакционным спеканием [Текст] / В.П. Солнцев, Г.А. Баглюк, К.Н. Петраш, В.А. Назаренко, Т.А. Солнцева, Г.А. Фролов, Ю.Ф. Луговской, Н.П. Бродниковский // Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка: материалы 15-й Межд. науч.-техн. конф. – Минск. –2022. – C.34-38.

16. Солнцев В.П. О механизмах формирования диссипативных структур при создании порошковых материалов [Текст] / В.П. Солнцев, Г.А. Баглюк, Т.А. Солнцева // Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка: материалы 15-й Междунар. науч.-техн. конф. – Минск. –2022. – C.319-325.