**Звіт про науково-дослідну роботу: „Розробка технології отримання і дослідження властивос­тей нових високотемпературних і зносостійких покриттів при моделюванні умов експлуатації виробів ракетно-космічної та інших галузей техніки. Вдоско­налення процесів термічної переробки промислових відходів, отримання та до­слідження шаруватих керамічних матеріалів з використанням концентрованої променевої енергії”**

**Мета роботи** - отримання покриттів та дослідження їх фізико-технічних властивостей при моделюванні умов експлуатації виробів РКТ та інших галузей. Вдосконалення процесів термічної переробки промислових відходів, отримання та дослідження шаруватих керамічних матеріалів з використанням концентрованої променевої енергії.

Терміни виконання наукової роботи: початок І кв. 2012 р.

закінчення IV кв. 2014 р.

**Керівник роботи**: Фролов Геннадій Олександрович , д.т.н, (Email: g.frolov@nbi.com.ua)

**СКОРОЧЕНИЙ ЗМІСТ ВИСНОВКІВ РЕЦЕНЗЕНТІВ**.

Тема включає чотири розділи, які об'єднує застосування високотемпературних потоків енергії як для отримання матеріалів і покриттів, так і для дослідження їх в цих умовах. Модернізовано обладнання для нанесення високотемпературних покриттів та прове­дення термоерозійних випробувань. Доопрацьована комп’ютеризована установка для визначення коефіцієнту теплопровідності та теплоємності нізькотеплопровідних мате­ріалів в вакуумі і в умовах атмосферному тиску.

Проведено дослідження теплофізичних характеристик зразків теплозахисних матеріа­лів в плазмовому потоці: вуглець-карбідокремнієвого матеріалу та зразків стільнико­вих панелей при моделюванні факторів космічного простору. Результати використо­вуються в ДП «КБ «Південне» та при виконанні проекту програми БР7 “Надлегка теп­лозахисна система космічного застосування”. Видані рекомендації, що до застосування теплозахисних матеріалів в багаторазових космічних апаратах.

**ПРОПОЗИЦІЇ ПРО ПОДАЛЬШЕ ВИКОРИСТАННЯ РУЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ.**

Методи і устаткування високотемпературного нагріву використовуються в IПМ НАН України для нанесення та дослідження теплозахисних і корозійностійких покриттів на нанодисперсні матеріали на основі BN - в ІМФ НАН України (Акт впровадження від 28.11.2014). Отримані результати також будуть використані при виконанні проекту програми FP7 “LIGHT-TPS” (FP-7 GA№ 607182).

Дані про реєстрацію роботи: № 0112U002310

**РЕФЕРАТ**

**Мета роботи** - отримання покриттів та дослідження їх фізико-технічних властивостей при моделюванні умов експлуатації виробів РКТ та інших галузей. Вдосконалення процесів термічної переробки промислових відходів, отримання та дослідження шаруватих керамічних матеріалів з використанням концентрованої променевої енергії.

**Об'єкт дослідження** - процеси, що мають місце при термоерозійній обробці зразків з висо котемпературної кераміки, високотемпературних технологіях отримання покриттів на керамічних та металічних матеріалах, при отриманні наноструктурних матеріалів і покриттів, при переробці промислових відходів з використанням концентрованих джерел енергії, при визначенні теплофізичних характеристик матеріалів в умовах, що моделюють орбітальний політ і входження в атмосферу,

**Методи дослідження** - радіаційний і конвективний нагрів, випробування при низьких та високих температурах, металографічний, мікрорентгеноспектральний, рентгеноструктурний і інші аналізи і дослідження.

Проведено дослідження термоерозійної стійкості ультра-високотемпературної кераміки: (УВТК) в двофазному газовому потоці при температурах 1200-1500 °С. Якісне порівняння отриманих даних з результатами випробувань в аналогічних умовах інших високотемпературних матеріалів (зокрема, карбідів кремнію і бору, нітриду кремнію, оксиду алюмінію, а також вуглець-вуглецевих композитів) дозволяє віднести досліджувану УВТК до матеріалів з найбільш високою ерозійною стійкістю.

Проведено апробацію конструкції модульного трибометра для встановлення адекватності результатів триботехнічних випробувань антифрикційних матеріалів в умовах лабораторії і ор бітального польоту при вакуумі до 10¯3 Па.

Дороблена комп’ютеризована установка для визначення коефіцієнту теплопровідності та теплоємності нізькотеплопровідних матеріалів до +300 °С в вакуумі і атмосферному тиску.

Проведено дослідження впливу танталу, кремнію та індію на формування на хімічний, фазовий і елементний склад та на морфологію отриманих дрібно- та нанодисперсних матеріалів та покриттів на основі нітриду бора. Аналіз досліджуваних властивостей та узагальнення результатів у порівнянні з властивостями інших аналогів говорить про неабиякий потенціал отриманих дрібно- та нанодисперсних матеріалів та покриттів тугоплавких сполук, синтезованих під дією концентрованого світлового випромінювання, оскільки вони суттєво відрізняються від дрібно- та нанодисперсних матеріалів та покриттів, що отримані низькотемпературними методами.

Виконано роботи по удосконаленню методик та проведено серію експериментів з термічної переробки зразків промислових відходів твердих сплавів різного хімічного складу, геометричних форм і габаритів; запропоновано розрахункові формули для оцінки ефективності процесів переробки. Проведено попередні дослідження можливості технологічного використань продуктів переробки відходів і отримано позитивні результати. Методи і устаткування високотемпературного нагріву використовуються в ІПМ НАН України для нанесення та дослідження теплозахисних і корозійностійких покриттів; нанодисперсні матеріали на основі BN - в ІМФ НАН України (Акт впровадження від 28.11.2014), результати визначення теплопровідності зразків стільникової теплоізоляції та вуглець-карбіді кремнієвих матеріалів - в ДП «КБ "Південне"» (Акт впровадження від 27.11.2014). Отримані результати також будуть використані при виконанні проекту програми FP7 “LIGHT-TPS” (FP GA№ 607182).

**Ключові слова**: РАДІАЦІЙНИЙ І КОНВЕКТИВНИЙ НАГРІВ, ТЕПЛОВЕ РОЗШИРЕННЯ, ТЕРМОСТІЙКІСТЬ, ВИСОКОШВИДКІСНЕ КИСНЕВО-ПАЛИВНЕ НАПИЛЕННЯ, ПРОМИСЛОВІ ВІДХОДИ.

**Публікації**

Фролов Г.А. Исследование установки для определения тепло-и температуропроводности при моделировании некоторых факторов космического пространства / Фролов Г.А., Боровик Д.В., Колотило А.Д., Ламеко А.Л., Олигов Е.И., Тихий В.Г., Гусарова И.А. // Висник двигунобудування. - 2013. - №2. - С. 9-15.

Уманский А.П. Влияние дисперсных добавок диборида титана на структуру и свойства HVAF-покрытий системы (Ni-Cr-Si-B)- TiB2 / Уманский А.П., Терентьев А. Стороженко М.С., Кисель В.М., Евдокименко Ю.И., Варченко В.Т. / Авиационно-космическая техника и технология. - 2013. - №9 (106). - С. 188-194.

Кубич В. И. Применение квазикристаллического покрытия для повышения жаростойкости поршневого алюминиевого сплава / Кубич В.И.(23), Иващенко Л.И.(2 Мильман Ю.В.(23), Кисель В.М., Ефимов Н.А.(23), Коржова Н.П.), Гринкевич К.Э.(23), Евдокименко Ю.И. // Висник двигунобудування. - 2013. - №2. - С. 256-260.

Студенець В.П. Базові характеристики дослідницького стенду «Офсетний сонячний концентратор - двигун Стірлінга» Студенець В.П., Пасічний В.В., Птуха А.А Відновлювана енергетика. - 2013. - №1. - С. 31-36.

Нищенко М.М. Эмиссионные материалы для преобразования солнечной энергии в электрическую / М. М. Нищенко, Н. А. Шевченко, Е. А. Цапко, Г. А. Фролов, Л. Л. Сартинская // Nano Studies - 2013. - 7. - С. 95-101.

Сартинская Л. Л. Свойства нитрида бора, синтезированного под воздействием концентрованного светового излучения / Л. Л. Сартинская, Е. В. Войнич, А. Ф. Андреева, А.М. Касумов (31), И. И. Тимофеева (7), А.Ю. Коваль (7), Г. А. Фролов // Nano Studies. - 2013. - 8. - С. 62-69.

Григорьев О.Н. Поведение ультра-высокотемпературной керамики в условиях окисления, эрозии в газовых потоках и при воздействии концентрированного солнечного излучения [Текст] / О. Н. Григорьев, Г. А. Фролов, Ю. И. Евдокименко, В. М. Кисель др. // Космічні дослідження в Україні. - 2014. Звіт до COSPAR. - С. 126-132.

Пасичный В. В. О термической переработке отходов твёрдого сплава ВК8 при нагреве концентрированным солнечным излучением /В. В. Пасичный // Письма в журнал Альтер- нативная энергетика и экология - 2014 - № 1.- С. 71-73.

Пасичный В. В. О получении водорода металлопаровым методом при использовании вольфрамсодержащих отходов и нагреве в солнечных печах [Текст] / В. В. Пасичный, С.Зенков. Відновлювана енергетика .- 2014 - № 2 - С. 20-27.

Подчерняева И. А. Лазерное покрытие на основе ZrB2 на графите / И.А. Подчерняева, А. Д. Панасюк, Г.А. Фролов, Д. Ю. Юречко, М. А. Васильковская, А. М. Блощаневич // Порошковая металлургия. - 2014. - №5/6. - С. 36-41.

Стухляк П. Термофізичні властивості наноепоксикомпозитів із урахуванням вмісту наповнювачів / П. Стухляк, М. Митник, К. Мороз, Л.Л. Сартинська // Журнал «Вісник Тернопільського Національного Технічного Університету,- 2014. 1 (73) , 85-93. ISS 1727-7108.

Всього 61 публікація