

Государственный контракт № П180 от 20 апреля 2010 г.
«Инновационные методы модифицирования цветных металлов
углеродными нанотрубками».

Основная часть отчета содержит:

1. Аннотированную справку по научным результатам НИР, полученным на I этапе.
2. Аналитический отчет о проведении теоретических и экспериментальных исследований.
3. Отчет по обобщению и оценке результатов исследований.
4. Публикации результатов НИР.

Основные задачи II этапа НИР «Инновационные методы модифицирования цветных металлов углеродными нанотрубками» были следующие:

- разработка методик модифицирования цветных металлов (никеля, меди, хрома) углеродными нанотрубками посредством гальванохимического осаждения. Получение металлических покрытий, модифицированных углеродными нанотрубками. Проведение исследований морфологии и микроструктуры цветных металлов, модифицированных углеродными нанотрубками;

- проведение комплексного изучения механических свойств создаваемых покрытий;

- разработка физических моделей и механизмов модификации углеродными нанотрубками металлической матрицы;

- оформление научно-технического отчета по этапу.

Рекомендации по возможности использования результатов НИР в реальном секторе экономики (для технических и высокотехнологических областей знаний) отражены в публикациях основных результатов НИР, которые включают в себя:

- заключение экспертной комиссии по открытому опубликованию;

- копии 2 статей, опубликованных в журнале ВАК с обязательной ссылкой на проведение НИР в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.

В рамках НИР были получены следующие результаты:

1. Разработаны методики модифицирования цветных металлов (никеля, меди, хрома) углеродными нанотрубками посредством гальванохимического осаждения.

2. Степень однородности композиционного материала, содержащего нанотрубки, существенно зависит от их концентрации в электролите при электроосаждении. При малых концентрациях УНТ легче достигается высокая степень однородности материала, поскольку при этом удается диспергировать нанотрубки в электролите.

3. Значения твердости, полученные экспериментально, хорошо совпадают с рассчитанными по соотношению Холла-Петча для Ni/УНТ и Cu/УНТ покрытий, следовательно, при малых концентрациях УНТ (0,01...0,02 % масс.) упрочнение происходит не за счет армирования покрытия нанотрубками, а за счет уменьшения среднего размера зерна материала, вызванного изменениями условий зарождения и роста кристаллитов.

4. Регулируя концентрацию УНТ в электролите при гальваностатическом осаждении Ni, Cu и Cr возможно получить нанокomпозиты с прогнозируемыми физико-химическими и эксплуатационными свойствами.

5. Добавление в электролиты УНТ приводит к существенному увеличению микротвёрдости и снижению неравномерности гальванических покрытий, в частности Ni/УНТ, Cu/УНТ и Cr/УНТ. Эти показатели улучшаются, за счёт совершенствования структуры покрытия в результате воздействия на него нанотрубок в процессе электроосаждения. Указанные эффекты улучшения механических и трибологических свойств покрытий проявляются при малых концентрациях УНТ (0,05 – 0,07 г/л) в электролите.

Кроме того экспериментально обнаружено улучшение служебных показателей покрытий от введения в электролит УНТ.

6. Разработана модель влияния УНТ на микроструктуру Ni покрытия, которая заключается в том, что УНТ выступают в качестве дополнительных прекурсоров для образования кристаллов никеля, в результате происходит уменьшение размеров зерен покрытия и увеличивается его твердость. Эта модель подтверждается экспериментальными исследованиями и литературными данными.

При выполнении НИР «Инновационные методы модифицирования цветных металлов углеродными нанотрубками» созданы новые нанокompозитные покрытия с металлической матрицей путем внедрения в тонкий поверхностный слой (глубиной 10...30 мкм) наномасштабных нитевидных образований (многостенные углеродные нанотрубки и нановолокна), уже производимых в промышленных масштабах. Установлена корреляция между структурой, морфологией и свойствами покрытия и концентрацией углеродных нанотрубок в электролите. Оптимизированы условия введения углеродных нанокompонентов в матрицу на основе исследования морфологии в системе матрица-волокно методами электронной микроскопии.

Список публикаций.

1. Головин Ю.И., Ткачев А.Г., Литовка Ю.В., Шуклинов А.В., Столяров Р.А., Васюков В.М., Поляков Л.Е. Никеливые покрытия, модифицированные многостенными углеродными нанотрубками// Вестник Тамбовского университета, серия естественные и технические науки, 2010, Том 15, вып. 3, с. 1034.

2. Головин Ю.И., Головин Д.Ю., Ткачев А.Г., Шуклинов А.В., Столяров Р.А., Васюков В.М., Поляков Л.Е. Рост никелиевых кристаллов на поверхности углеродных нанотрубок// Вестник Тамбовского университета, серия естественные и технические науки, 2010, Том 15, вып. 3, с. 1036.

3. Головин Ю.И., Литовка Ю.В., Шуклинов А.В., Васюков В.М., Столяров Р.А., Поляков Л.Е., Дьяков И.А., Ткачев А.Г. Никелевое гальванохимическое покрытие, модифицированное углеродными нанотрубками// Деформация и разрушение материалов. 2011. № 1, С. 31 – 34.

4. Головин Ю.И., Шуклинов А.В., Васюков В.М., Столяров Р.А., Ткачев А.Г. Электроосаждение наночастиц никеля на поверхность многостенных углеродных нанотрубок// ПЖТФ. 2011. Т. 37. вып. 6. С. 21-26.