**Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.577.21.0199**

Тема: «Разработка технологии изготовления нанокомпозита на основе меди для замены серебра в разрывных электрических контактах»

Приоритетное направление: Индустрия наносистем;

Критическая технология: Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов

Период выполнения: 27.10.2015 - 31.12.2017

Плановое финансирование проекта: 68.00 млн. руб.

Бюджетные средства        34.00 млн. руб.,

Внебюджетные средства  34.00 млн. руб.

Получатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный технологический университет "СТАНКИН"

Индустриальный партнер: Общество с ограниченной ответственностью «СОЮЗКАРБОН»

Ключевые слова: Искровое плазменное спекание, нанокомпозит, механическое легирование, порошковая металлургия, серебро, медь, электрические контакты, дисперсные материалы, поверхностное окисление, контактное сопротивление

**1. Цель проекта**

Реализуемый проект направлен на решение задачи экономии материальных ресурсов, в частности драгоценных металлов, а именно серебра в электротехнике (разрывные электрические контакты). Для этого предполагается разработать материал, который сможет заменить серебросодержащие материалы в разрывных электрических контактах и технологию его изготовления.

Цель реализуемого проекта с точки зрения конечного продукта состоит в том, чтобы:

- разработать материал, способный заменить серебросодержащие материалы в разрывных электрических контактах, не уступающий серебросодержащим материалам по своим служебным характеристикам и по сроку службы, не содержащий в своем составе драгоценные металлы;

- разработать технологию изготовления материала, такую, чтобы обеспечить минимальные отходы производства.

**2. Основные результаты проекта**

На втором этапе работы выполнены экспериментальные исследования нового материала и технологические разработки по его изготовлению различными методами.

Технологические разработки включали исследования и оптимизацию всего комплекса операций по изготовлению дисперсно-упрочненного композита на основе меди, способного заменить серебро в разрывных электрических контактах.

Рассмотрены материалы на основе систем Cu-Al2O3, Cu-Al, Cu-Al-Ti-Hf, Cu-Al-Hf.

Исследованы различные технологии изготовления из этих материалов дисперсно-упрочненных композитов. Для этого исследована технология смешения в аттриторе порошков меди и нанодисперсного оксида алюминия. Однако эта наиболее простая технология изготовления не обеспечила полученному материалу необходимые свойства.

Для изготовления композитов на данном этапе разработаны и опробованы технологии, включающие следующие этапы:

- плавка и литье сплавов систем Cu-Al, Cu-Al-Ti-Hf, Cu-Al-Hf (последние два сплава выплавлялись в вакуумных печах);

- перевод слитков в стружку;

- термохимическая обработка стружки (окисление меди);

- измельчение стружки методами механического легирования в шаровых планетарных мельницах;

- термохимическая обработка измельченного порошка (окисление алюминия и восстановление меди);

- дополнительное восстановление меди в водородной атмосфере;

- компактирование материала.

Последняя операция осуществлялась двумя способами: горячая экструзия и искровое плазменное легирование.

На каждую технологическую операцию разработаны методики или лабораторные регламенты, в которых определены технологические параметры и последовательность технологических операций.

Все материалы, изготовленные по разным технологиям, исследовались на определение свойств. Были определены твердость, предел прочности на сжатие, удельная электропроводность, температура разупрочнения, плотность.

Лучшие материалы подвергались стендовым испытаниям на реальном контакторе. Штатным материалом для напаек контактов на этом контакторе является серебро.

1. Изготовлен дисперсно-упрочненный композиционный материал на основе меди, обладающей удельной электропроводностью выше, чем удельная электропроводность стандартного композита Ag-CdO, температурой разупрочнения 800 град. Цельсия, твердостью более 130 НВ, контактным (переходным) электрическим сопротивлением более чем в 2 раза меньшим по сравнению с медью. Эти показатели позволяют использовать изготовленный материал взамен серебра в разрывных электрических контактах.

2. Новым являются разработанные технологии, в которых объединены методы перемешивания и механического легирования, термохимической обработки и искрового плазменного спекания для данного класса материалов. Разработаны новые методики оценки переходного сопротивления.

3. Свойства новых материалов, полученных по разработанным технологиям удовлетворяют требованиям.

4. Свойства изготовленных по разработанным технологиям материалов позволяют использовать их для замены серебра в разрывных электрических контактах. Полученный материал обладает высокой жаропрочностью при высоком значении электро- и теплопроводности, что позволяет использовать его в различных отраслях энергетики и транспорта. Материал по своим характеристикам вполне соответствует мировому уровню, а по технологии изготовления превосходит его.

**4. Назначение и область применения результатов проекта**

1. Область науки - материаловедение.

Техническая область применения - электротехника.

Все отрасли промышленности, практически все машиностроение, все виды транспорта. Дело в том, что практически во всех отраслях промышленности и транспорта широко используются электродвигатели и различные выключатели. Почти в каждом виде электрооборудования используются серебряные контакты.

2. Практическое использование и перспективы использования результатов работ заложены уже в названии проекта и в целях работы.  Материал и технология его изготовления разрабатываются для применения материала взамен серебра в разрывных электрических контактах электрооборудования. Около 40 % серебра идет на изготовление электрических контактов.

3. В настоящей работе применяется новое научно-техническое направление в разработке новых износостойких материалов, работающих в условиях контактного взаимодействия. Обычно к таким материалам предъявляются требования высоких механических и проводящих свойств. В используемом методе сначала исследуются поверхности отработавших материалов, по результатам этих исследований к материалу предъявляются, как правило, новые физико-химические требования, далее разрабатывается новый материал. Этот метод разработки новых материалов применяется пока очень редко. При успешной разработке в данном проекте можно прогнозировать дальнейшее развитие этого метода разработки новых материалов.

**5. Эффекты от внедрения результатов проекта**

В результате использования результатов работ:

- снижается материалоемкость производства по драгоценным металлам, в частности серебру.

-экономический эффект на 1 т серебра составит более 30 млн. руб. в год. В России ежегодно используется более 10 т серебра для электрических контактов;

- Сейчас для замены изношенной серебряной напайки в контакте, его нужно доставить на предприятие, где есть разрешение работы с серебром. При замене серебра на не драгоценный металл изношенную напайку можно менять на месте.

- Сокращаются значительные расходы предприятий на хранение, обращение и утилизацию драгоценных металлов.

**6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта**

Коммерциализация продукции состоит в организации производства нового материал и продажа его на предприятия, ремонтирующие или изготавливающие электротехническое оборудование.

**7. Наличие соисполнителей**

1. Привлечен один соисполнитель.

2. Наименование организации соисполнителя АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»).