**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: Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика; Транспортные и космические системы; Науки о жизни; Индустрия наносистем; Рациональное природопользование; Информационно-телекоммуникационные системы

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.

Роль проекта состоит в том, чтобы после его окончания была полностью готова технология производства материала, т.е. сразу после окончания проекта можно будет приступить к производству материала.

**2. Основные результаты проекта**

Анализ литературы, условий работы разрывных электрических контактов. используемых материалов, технических требований, показал, что основное отличие серебра от меди, с точки зрения их использования в качестве материалов для разрывных электрических контактов, состоит в химическом сродстве к кислороду. В условиях, когда на меди образуются устойчивые термодинамически и механически (высокая адгезия к основе) оксиды, на серебре образуются термодинамически не устойчивые оксиды.Поэтому для электрических контактов допустимая температура серебра  составляет 200 °С и выше, а допустимая температура меди ограничена 70 °С. По остальным физико-механическим свойствам между серебром и медью не отмечено значительных отличий. В частности их удельные электропроводности различаются на 6 %. По этой причине в качестве основы материала, способного заменить медь, так как. у других металлов удельные электропроводности в разы меньше, чем у серебра.

Для того, чтобы значительно не уменьшить электропроводность, придется использовать низколегированные медные материалы (примерно до 1,5 % легирующих). Поэтому заметно повлиять на термодинамические характеристики (сродство к кислороду) не представляется возможным, то есть не представляется возможным предотвратить образование оксидов на меди или сделать их термодинамически не устойчивыми.В связи с этим в настоящей работе упор будет сделан не на термодинамической неустойчивости оксидов, а на их механической неустойчивости. Под механической неустойчивостью, в данном случае, подразумевается ослабленная адгезия оксидов с медной основой. Для этого к новому материалу на основе меди необходимо предъявить два новых требования:

- как можно более высокая температура разупрочнения и жаропрочность;

- слабые адгезионные связи оксидов с медной основой.

В связи с этим в качестве электроконтактного материала, способного заменить серебросодержащие материалы, предложено использовать дисперсно-упрочненные композиты на основе меди с наноразмерными дисперсными частицами. Уменьшение размеров дисперсных частиц позволяет значительно увеличить температуру разупрочнения и уменьшить адгезию оксидов с медной основой.

Для изготовления контактов предложено использовать методы порошковой металлургии, в частности: механическое легирование. внутреннее окисление и искровое плазменное спекание. Эти методы позволят измельчить размеры зерен меди и дисперсных включений, после спекания получить практически готовое изделие практически без механической обработки.

1. В результате выполнения первого этапа работы предложен перспективный материал на основе меди для замены серебросодержащих материалов в электрических разрывных контактах. Это - дисперсно-упрочненный медный композит с наноразмерными дисперсными частицами. Обоснованы дополнительные к традиционным требования к новому материалу: температура начала разупрочнения выше 700 °С, размер дисперсных частиц должен быть не более 200 нм.

На первом этапе выбраны технология изготовления, основанная на методах порошковой металлургии, включающая, в частности, механическое легирование и  искровое плазменное спекание. Эти методы позволят измельчить размеры зерен меди и дисперсных включений, после спекания получить практически готовое изделие практически без механической обработки.  Разработаны методики исследований и испытаний материала, в том числе натурных стендовых испытаний.

2. Существует довольно обширная литература по исследованиям подобных материалов и технологий их изготовления. Однако, в подавляющем большинстве работ исследования материала и технологии его изготовления не связаны с его конкретным применением. В данной работе предложен другой более рациональный путь, Сначала ставится конкретная задача замены серебра более дешевым и доступным материалом. Затем исследуются особенности серебра, которые позволяют ему работать там, где не могут работать другие материалы. Далее разрабатываются новые требования, которые позволят другим материалам работать вместо серебра. под эти требования разрабатывается материал и технология его изготовления. В большинстве работ происходит наоборот, сначала разрабатывается материал и технология его изготовления, а затем происходят поиски областей его применения, как правило, безуспешные.

Подобные материалы применяются для электродов точечной сварки и либо не применяются либо очень ограниченно применяются в электротехнике для улучшения медных материалов. В данной работе впервые обоснована возможность их применения для замены серебра в электрических контактах.  Конкретно, впервые к подобному типу материалов предъявляется требование ослабления адгезии основы с оксидами.

3. На первом этапе работа носила теоретический характер. Однако, опыт работы авторов данного проекта показывает, что результаты работы первого этапа соответствуют требованиям проекта.

4.  В зарубежных и отечественных научных публикациях подобный тип материалов разрабатывается. как правило, без привязки к конкретному применению. Обычно исследуются и улучшаются физические и механические свойства. В данной работе, в отличие от подавляющего большинства исследований, материал и технология его изготовления разрабатываются не просто для улучшения каких-то свойств, а для конкретного применения, в данном случае, для замены серебра. Поэтому некоторые определяющие требования. разработаны впервые. Соответственно, новой является задача для подобного типа материалов - заменить серебро в разрывных электрических контактах. Таким образом. в прикладном аспекте, авторы данной работы перешли на новый уровень разработки подобных материалов.

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД) планируется получить на втором и третьем этапах выполнения прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

**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.

По опыту общения авторов проекта с иностранными предпринимателями, подобные материалы, но только с точки зрения их конкретного применения вызывают широкий интерес за рубежом. На наш взгляд результаты работы имеют хорошие перспективы для международного сотрудничества, но только, подкрепленные конкретным применением.

**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**

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

2. Товар по результатам данной работы будет представлять собой либо напайки из нового материала массой от 1 г до примерно 200 г. или готовые контакты с напайками из нового материала. работа с новым материалом не требует разрешения, как для работы с серебром, поэтому предприятия, специализирующиеся на изготовлении и ремонте электротехнического оборудования охотно будут приобретать материал при условии его соответствия требованиям эксплуатации. Это им значительно сократит расходы не только из-за разницы в цене материалов, но и на орагнизацию мероприятий, сопровождающих работу с серебром.

**7. Наличие соисполнителей**

1. По работе предусмотрен один соисполнитель.

2. Соисполнителя планируется привлечь в 2016 и/или в 2017 году. Открытое акционерное общество "Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта" (ОАО "ВНИИЖТ")