

Резюме проекта, выполненного

в рамках ФЦП

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

по этапу № 3

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.575.21.0005

Тема: «Разработка экономно легированного медного сплава и технологии производства из него трапецидальных профилей с наноструктурой для изготовления коллекторных пластин»

Приоритетное направление: Индустрия наносистем

Критическая технология: Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов

Период выполнения: 17.06.2014 - 31.12.2015

Плановое финансирование проекта: 11.165 млн. руб.

Бюджетные средства 9.40 млн. руб.,

Внебюджетные средства 1.765 млн. руб.

Получатель: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Белгородский государственный национальный исследовательский университет"

Индустриальный партнер: Общество с ограниченной ответственностью "Оборудование и Технологии"

Ключевые слова: Сплавы на основе меди, функциональные материалы, субмикроструктурная и нанокристаллическая структура, механические и физические свойства

1. Цель проекта

Задачами ПНИ, на решение которых направлен реализуемый проект, являются: разработка нового медного сплава на основе меди с использованием редкоземельных металлов для получения оптимального сочетания механических и физических свойств, возможная замена сплава меди с се-ребром более дешевым сплавом системы Cu – Cr – Zr – Y без существенной потери механических и физических свойств, а также разработка способа получения трапецидальных профилей методом непрерывного равноканального углового прессования.

Цель работы: Разработка нового экономно легированного медного сплава с применением редкоземельных элементов и разработка технологии производства из экономно легированного медного сплава трапецидальных профилей с наноструктурой для изготовления коллекторных пластин методом интенсивной пластической деформации, получение экспериментальных образцов медного сплава с применением редкоземельных элементов.

2. Основные результаты проекта

В рамках выполнения работ по Соглашению о предоставлении субсидии были получены следующие результаты:

- разработан новый медный сплав с добавлением редкоземельных элементов.
- исследован фазовый состав разработанного сплава на основе меди с применением редкоземельных элементов. Исследование показало, что в медном сплаве в литом состоянии происходит выделение первичных частиц, средний размер которых составляет от 100 до 250 нм.
- исследован комплекс физико-механических свойств, включающий измерение твердости, определение временного сопротивления, относительного удлинения и определение электропроводности разработанного сплава на основе меди. Исследование комплекса физико-механических свойств показало, что все три разработанных медных сплава, с использованием редкоземельных элементов, демонстрируют твердость, превышающую заданное минимальное значение твердости равное 60 НВ в ТЗ. Анализ механических свойств, включающих временное сопротивление и относительное удлинение, и электропроводности показал, что все сплавы характеризуются более высокими значениями указанных физико-механических свойств по сравнению со значениями заданными в ТЗ.
- разработана технология производства профилей трапецидальной формы для изготовления коллекторных пластин из экономно легированного медного сплава с использованием редкоземельных элементов методом интенсивной пластической деформации. Главным преимуществом разработанной технологии перед существующими в настоящее время аналогами является проведение непрерывного равноканального прессования при температуре близкой к температуре пикового старения,

что позволит ускорить выпадение из пересыщенного твердого раствора мелкодисперсных частиц второй фазы, как результат произойдет ускорение кинетики формирования субмикроструктурной и/или нанокристаллической структуры в процессе интенсивной пластической деформации.

- изучено влияние режимов деформационно-термической обработки, включая влияние температуры и времени предварительной обработки, степени пластической деформации при равноканальном угловом прессовании и прокатки/волочении на формирование структуры в процессе деформационно-термической обработки. Выбран оптимальный режим термической обработки, включающей обработку на твердый раствор при температуре 920 °С в течение 30 минут и последующее старения при температуре 550 °С в течение 4 часов. Показано, что непрерывное равноканальное угловое прессование приводит к значительному измельчению зерен, и степень пластической деформации в значительной мере определяет размер зерен в медном сплаве BrX0,3Цр0,06И0,1 с добавлением редкоземельных элементов. В процессе непрерывного равноканального углового прессования при температуре 400 °С до степени деформации 2 происходит формирование субмикроструктурной и/или нанокристаллической структуры со средним размером зерен/субзерен около 200 нм. Проведение прокатки при комнатной температуре способствует дальнейшему уменьшению размера зерен, т.е. способствует формированию субмикроструктурной и/или нанокристаллической структуры в медном сплаве BrX0,3Цр0,06И0,1 с добавлением редкоземельных элементов.

- проведено исследование комплекса физико-механических свойств, включающего измерение твердости, определение временного сопротивления, относительного удлинения, и определение электропроводности экспериментальных образцов из медного сплава полученных методом интенсивной пластической деформации. Определенные свойства при этом составляют: твердость по Бринеллю составляет 95,3 НВ, временное сопротивление – 332 МПа, относительное удлинение – 10,9%, электропроводность при этом составляет 86% IACS. Для определения термической стабильности, сформированной структуры в процессе интенсивной пластической деформации, провели последеформационный отжиг при температуре 300 °С в течение 1 часа и провели исследование комплекса физико-механических свойств. Комплекс физико-механических свойств равен – твердость по Бринеллю составляет 92,6 НВ, временное сопротивление – 318 МПа, относительное удлинение – 12,25%, электропроводность при этом составляет 87% IACS. Таким образом, экспериментальные образцы медного сплава BrX0,3Цр0,06И0,1 с добавлением редкоземельных элементов, полученные методом интенсивной пластической деформации, а также подвергнутые последеформационному отжигу удовлетворяют требованиям пункта 4.1 ТЗ Соглашения о предоставлении субсидии.

1) Основные характеристики полученных результатов продукции:

– новый разработанный медный сплав на основе системы $\text{Cu} - \text{Cr} - \text{Zr}$ с добавлением редкоземельных элементов;
– технология производства профилей трапецидальной формы для изготовления коллекторных пластин из экономно легированного медного сплава с использованием редкоземельных элементов методом интенсивной пластической деформации;
– возможность внедрения разработанной технологии производства профилей трапецидальной формы для изготовления коллекторных пластин из экономно легированного медного сплава с использованием редкоземельных элементов методом интенсивной пластической деформации на промышленных предприятиях РФ.

2) Оценка элементов новизны научных решений, применявших методик и решений.

- разработан новый экономно легированный медный сплав на основе системы $\text{Cu} - \text{Cr} - \text{Zr}$ с добавлением редкоземельных металлов;
- разработана технология производства профилей трапецидальной формы для изготовления коллекторных пластин из экономно легированного медного сплава с использованием редкоземельных элементов методом интенсивной пластической деформации;
- полученные в ходе выполнения работ результаты на сегодняшний день не имеют аналогов в мире.

3) Подтверждение соответствия полученных результатов требованиям к выполняемому проекту.

Результаты, полученные в рамках выполнения работ второго этапа по Соглашению о предоставлении субсидии, соответствуют пунктам 3.9, 3.12 – 3.14 и 4.1 ТЗ.

4) Сопоставление с результатами аналогичных работ, определяющими мировой уровень.

На сегодняшний день в мире невозможно сопоставление с аналогичными работами, определяющими мировой уровень, поскольку выполненные работы по разработке нового медного сплава BrX0,3Цр0,06И0,1 с добавлением редкоземельных элементов, а также по разработке технологии производства профилей трапецидальной формы для изготовления коллекторных пластин из экономно легированного медного сплава с использованием редкоземельных элементов методом интенсивной пластической деформации были проведены впервые в рамках выполнения Соглашения о предоставлении субсидии.

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

- изобретение заявка № 2014145785 от 14.11.2014 по теме «Медный сплав», РФ;

- изобретение заявка № 2015144879 от 20.10.2015 по теме «Способ термомеханической обработки медных сплавов», РФ.

4. Назначение и область применения результатов проекта

Полученные в ходе выполнения работ в рамках ПНИ результаты предназначены для внедрения разработанных нового медного сплава BrX0,3Цр0,06И0,1 с добавлением редкоземельных элементов и технологии производства из экономно легированного медного сплава с добавлением редкоземельных элементов трапецидальных профилей с наноструктурой для изготовления коллекторных пластин в промышленность РФ.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Новый разработанный экономно легированный медный сплав с применением редкоземельных элементов позволит значительно снизить стоимость, получаемых из него трапециевидных профилей для изготовления коллекторных пластин, за счет замены серебра редкоземельным элементом иттрием при сохранении механических свойств и электропроводности на необходимом уровне. Разработанная технология производства профилей трапециевидной формы для изготовления коллекторных пластин из экономно легированного медного сплава с использованием редкоземельных элементов методом интенсивной пластической деформации позволит сократить расходы на производство коллекторных пластин, за счет проведения непрерывного равноканального углового прессования при температуре близкой к пиковой температуре старения.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Результаты ПНИ могут быть востребованы Каменск-Уральским заводом по обработке цветных металлов. Сотрудничество с Каменск-Уральским заводом по обработке цветных металлов может быть налажено следующим образом, получатель субсидии НИУ «БелГУ» может предложить использование полученных патентов, то есть осуществить продажу лицензии на использование патентов, на медный сплав, а также на способ получения трапециевидных профилей методом непрерывного равноканального углового прессования.

7. Наличие соисполнителей

Нет.

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Белгородский государственный национальный исследовательский университет"

Проректор по научной и инновационной
деятельности

(должность)

(подпись)

Константинов И.С.

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель работ по проекту

Руководитель лаборатории

(должность)

(подпись)

Кайбышев Р.О.

(фамилия, имя, отчество)

М.П.