

Федеральная целевая программа

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

Индустрия наносистем

Тема: Разработка технологии получения экспериментальных образцов профилей трапецеидальной формы из медного сплава методом интенсивной пластической деформации

Соглашение 14.575.21.0005
на период 2014 - 2015 гг.

Руководитель проекта: руководитель лаборатории механических свойств жаропрочных и наноструктурных материалов,
д.ф.-м.н. Кайбышев Р.О.

Получатель субсидии: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

Цели и задачи проекта

Цель проекта:

• Разработка нового экономно легированного сплава с применением редкоземельных элементов и разработка технологии производства из экономно легированного медного сплава трапецеидальных профилей с наноструктурой для изготовления коллекторных пластин методом интенсивной пластической деформации ;

Задачи проекта:

• разработка нового медного сплава на основе меди с использованием редкоземельных металлов для получения оптимального сочетания механических свойств, разработка способа получения трапецеидальных профилей методом непрерывного равноканального углового прессования.

Ожидаемые результаты проекта

- Будет разработан новый экономно легированный сплав на основе меди с добавлением редкоземельных элементов, будет разработана технология производства трапецеидальных профилей с наноструктурой для изготовления коллекторных пластин методом интенсивной пластической деформации, будут установлены закономерности формирования субмикроструктурной структуры в экономно легированном медном сплаве в процессе интенсивной пластической деформации, будет установлен фазовый состав экономно легированного медного сплава;
- На сегодняшний день не представляется возможным сопоставление полученных результатов с работами мирового уровня, поскольку работа не выполнена в полном объеме, необходимым для сопоставления полученных результатов.

Перспективы практического использования

- Результаты ПНИ могут быть востребованы Каменск-Уральским заводом по обработке цветных металлов, 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 трапецеидальных профилей методом непрерывного равноканального углового прессования;
- Разработанная технология производства профилей трапецеидальной 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.

Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г.

В рамках выполнения работ второго этапа провели исследование комплекса физико-механических свойств экономно легированного медного сплава, установили, что из трех разработанных медных сплавов с добавлением редкоземельных элементов один сплав, со следующим химическим составом BrX0,3Cr0,06I0,1 (вес. %), удовлетворяет заданным требованиям ТЗ к медному сплаву в исходном состоянии в части значений твердости **65 НВ**, предела прочности **195 МПа**, относительного удлинения **32%** и электропроводности **96% IACS**. Провели исследование фазового состава медного сплава с добавлением редкоземельных элементов. Установили, что старение сплава при температуре 550 °С в течение 4 ч приводит к выделению дисперсных частиц второй фазы со средним размером около 15 нм. Анализ электроннограмм выявил, что частицы представляют собой чистый хром. Однако, отсутствие специфического контраста между частицами хрома и медной матрицей указывает на отсутствие когерентности между частицей и медной матрицей, что в свою очередь подтверждается размером частиц хрома более 10 нм, который является предельным для сохранения когерентности между матрицей и частицей.

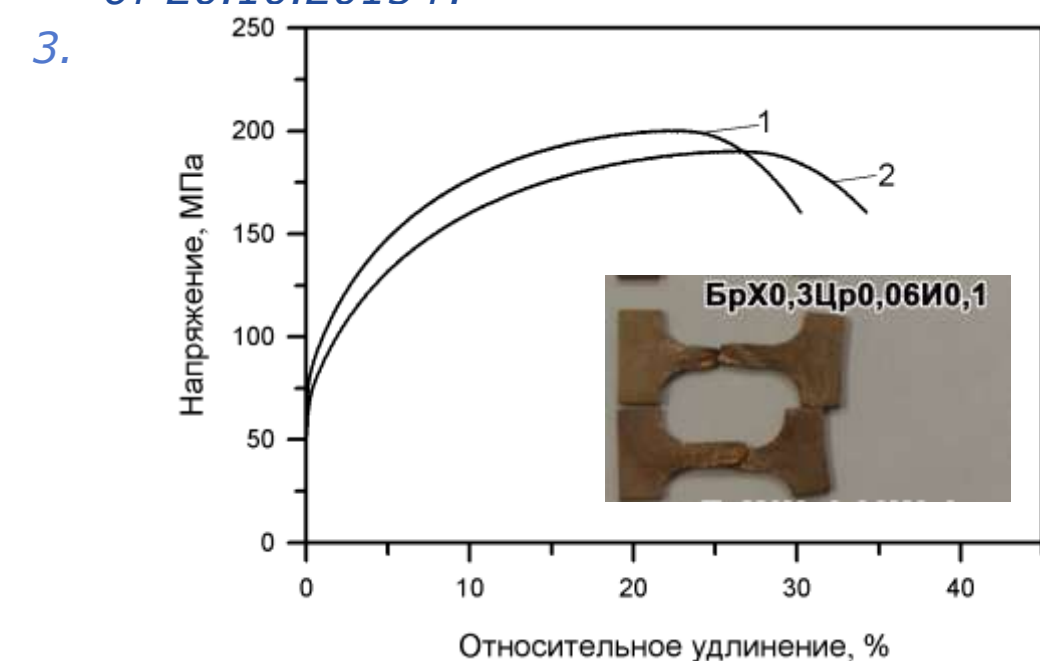
При исследовании влияния степени деформации на формирование субмикроструктурной структуры в рамках выполнения работ третьего этапа выявили, что механизм ответственным за формирование наноструктуры в медном сплаве является непрерывная динамическая рекристаллизация. Проведение непрерывного равноканального прессования при температуре 400 °С сопровождается значительным упрочнением медного сплава. Так, после проведения 2 проходов непрерывного равноканального углового прессования предел прочности составил **310 МПа**, а относительное удлинение на уровне **10%**. Также, необходимо отметить, что электропроводность сохраняется на достаточно высоком уровне **87% IACS**. Дальнейшее увеличение степени деформации приводит к росту прочностных характеристик, однако, одновременно с этим происходит падение электропроводности. Таким образом, оптимальной степенью деформации выбрали 2 прохода непрерывного равноканального углового прессования, для получения оптимального сочетания механических и физических свойств. Для проведения последующей прокатки выбрали образцы после 2 проходов непрерывного равноканального углового прессования. Проведение прокатки незначительно повлияет на комплекс свойств, поэтому, полученные образцы трапецеидальных профилей будут обладать более высоким комплексом свойств, чем задано в ТЗ.

Публикации:

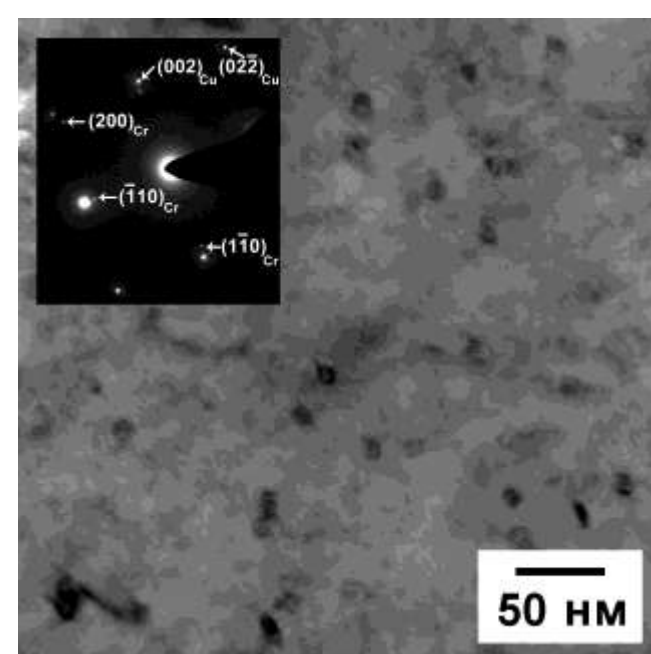
1. Mishnev, R., Shakhova, I., Belyakov, A., Kaibyshev, R., Deformation microstructures, strengthening mechanisms, and electrical conductivity in a Cu-Cr-Zr alloy, 2015, *Materials Science and Engineering A* Vol. 629, pp. 29-40
2. Shakhova I., Belyakov A., Kaibyshev R., Effects of initial microstructure and deformation method on grain refinement in a Cu-Cr-Zr alloy, 2016, *Materials Science Forum*, Vols. 838-839, pp. 308-313
3. Mishnev, R., Shakhova, I., Belyakov, A., Kaibyshev, R., Superplastic Behavior of a Cu-Cr-Zr Alloy Subjected to ECAP, 2016, *Materials Science Forum*, Vols. 838-839, pp. 404-409

Поданные заявки на патенты:

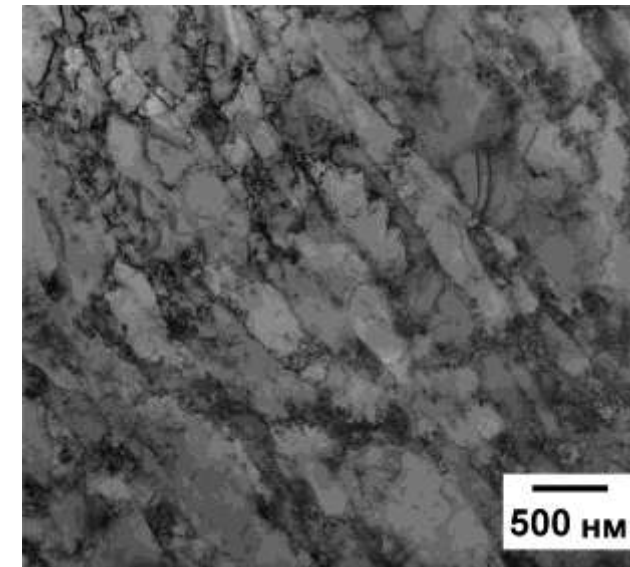
1. Медный сплав, Мишнев Р., Беляков А., Кайбышев Р., Уведомление о поступлении и регистрации заявки №2014145785 от 14.11.2014 г.
2. Способ термомеханической обработки медных сплавов, Кайбышев Р., Морозова А., Мишнев Р., Беляков А., Тагиров Д., Уведомление о поступлении и регистрации заявки №2015144879 от 20.10.2015 г.



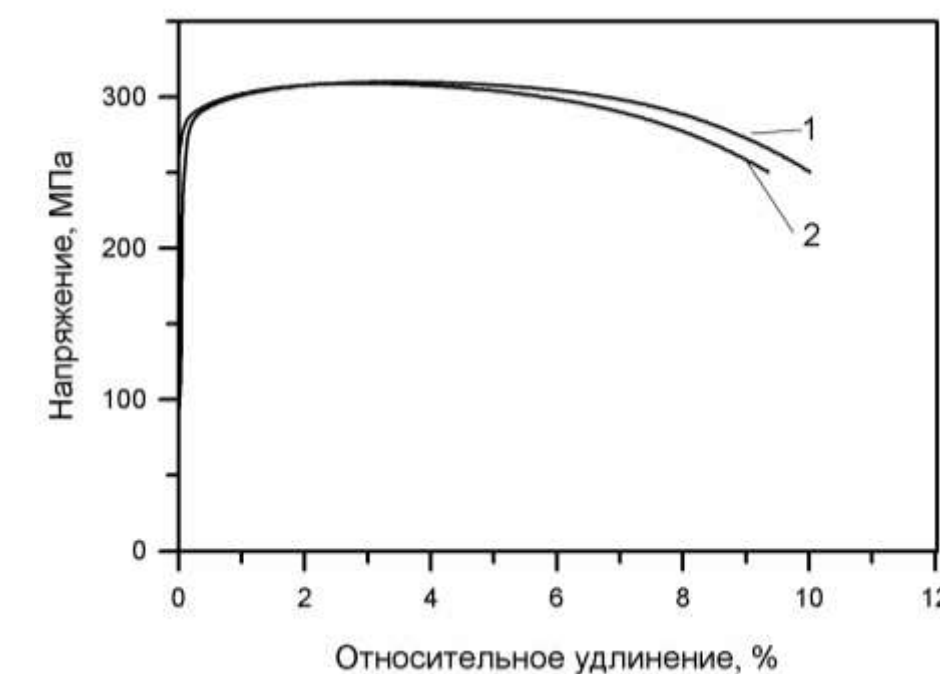
Кривые растяжения медного сплава BrX0,3Cr0,06I0,1 , полученные при растяжении при комнатной температуре и образцы медного сплава BrX0,3Cr0,06I0,1 после растяжения



Тонкая структура медного сплава BrX0,3Cr0,06I0,1 в исходном состоянии



Тонкая структура медного сплава BrX0,3Cr0,06I0,1 после проведения двух проходов непрерывного равноканального углового прессования при температуре 400 С



Кривые растяжения медного сплава BrX0,3Cr0,06I0,1 после проведения двух проходов непрерывного равноканального углового прессования при температуре 400 С, полученные при растяжении при комнатной температуре

Партнеры проекта

Индустриальный партнер проекта:

Общество с ограниченной ответственностью «Оборудование и Технологии» (ООО «Оборудование и Технологии»), директор Катин Денис Владимирович, сфера деятельности: разработка и поставка нестандартного оборудования.

Год	Внебюджетные средства, млн. руб	
	Собственные средства Получателя Субсидии	Объем софинансирования Индустриального партнера
2014	0,5292	0,1768
2015	0,7938	0,2652
Итого	1,323	0,442