

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Шаньгиной Дарьи Владимировны** «Закономерности получения ультрамелкозернистых медных сплавов с повышенными прочностными и эксплуатационными свойствами», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 15.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Актуальность темы диссертации. Низколегированные сплавы на основе меди нашли применение в электротехнической промышленности, в частности для изготовления электродов контактной сварки из-за хорошей термической и электрической проводимости. Однако совершенствование электродных материалов является необходимым условием для повышения стойкости и долговечности электродов в ходе сварки. Для повышения комплекса механических и эксплуатационных свойств в работе использованы методы интенсивной пластической деформации (ИПД), позволяющие формировать ультрамелкозернистую (УМЗ) структуру в металлах и сплавах. К настоящему времени накоплен большой экспериментальный опыт получения УМЗ меди и медных сплавов, а также исследованы их механические и эксплуатационные свойства, однако необходим системный анализ влияния параметров термической обработки, деформации, состава сплава на конечные свойства материала. Поэтому работа Шаньгиной Д.В., посвященная установлению закономерностей получения УМЗ медных сплавов, обладающих повышенными прочностными и эксплуатационными свойствами, является актуальной как с научной, так и с практической точек зрения.

Содержание диссертационной работы. Представленная работа состоит из введения, пяти глав, выводов и списка литературы из 139 наименований, изложена на 142 страницах, содержит 74 рисунка и 14 таблиц. Первая глава содержит аналитический обзор литературы, затрагивающий основные принципы легирования и кинетику старения низколегированных дисперсионно - упрочняемых медных сплавов. Рассмотрены схемы основных методов интенсивной пластической деформации (ИПД). На основе анализа литературных данных были сформулированы цели и основные задачи работы. Во второй главе приведено подробное описание материала и методик исследования. Результаты экспериментальных исследований и их обсуждение изложены в третьей, четвертой и пятой главах. В третьей главе

представлены результаты исследования влияния легирования, степени деформации и режима предварительной термической обработки на структуру, термическую стабильность упрочнения, микротвердость и электропроводность сплавов на основе меди после деформации методом КВД. Четвертая глава посвящена анализу структуры, механических свойств и электропроводности медных сплавов после закалки и равноканального углового прессования (РКУП). В заключительной, пятой, главе проанализированы эксплуатационные свойства (износостойкость, усталостная долговечность) УМЗ сплавов на основе меди, приведены результаты испытаний опытных образцов вставок для составных водоохлаждаемых электродов контактной сварки из крупнокристаллического и УМЗ сплава системы Cu-Cr-Hf. В заключении приведены общие выводы, сделанные по результатам диссертационной работы.

Основное содержание диссертации, выводы и положения, выносимые на защиту, а также научная новизна и практическая значимость работы достаточно полно отражены в **автореферате**.

В качестве наиболее **важных научных результатов работы, определяющих ее новизну**, следует отметить следующее:

- проведен системный анализ влияния легирования и режима предварительной термической обработки на структуру, термическую стабильность упрочнения, микротвердость и электропроводность низколегированных УМЗ медных сплавов;
- продемонстрировано преимущество частиц Cu_5Zr/Cu_5Hf по сравнению с частицами Cr для стабилизации УМЗ структуры в ходе старения;
- показана эффективность легирования гафнием вместо циркония для получения более дисперсной структуры и повышения механических свойств сплавов;
- показана возможность повышения эксплуатационных свойств (износостойкости и усталостной долговечности) низколегированных сплавов после обработки методами ИПД и последующего старения;
- установлено положительное влияние УМЗ структуры на стойкость электродов контактной сварки в ходе модельных испытаний в режиме короткого замыкания вплоть до 4000 циклов сварки.

Практическая значимость работы не вызывает сомнений, так как в дальнейшем предложенные методы обработки могут быть использованы для получения изделий электротехнического назначения.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научные положения, выносимые на защиту, основные выводы и рекомендации, сделанные в работе, обоснованы адекватной интерпретацией полученных экспериментальных данных, сопоставлением результатов оригинальных исследований с имеющимися в современной литературе представлениями и моделями. Представленные в работе результаты исследований признаны отечественной и зарубежной научной общественностью, прошли широкое обсуждение на российских и международных научных конференциях и опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в международные базы цитирования Web of Science и Scopus, а также в перечень журналов, рекомендованных ВАК.

Апробация работы представлена докладами на 46 международных и национальных конференциях, а также отражена в 20 научных статьях (из них 18 статей опубликованы в рецензируемых изданиях), достаточно полно отражающих содержание работы. Личный вклад Д.В. Шаньгиной также не вызывает сомнений – во многих публикациях она является первым автором.

Замечания по диссертации/автореферату

К общим недостаткам работы можно отнести несколько основных замечаний:

- слабую обоснованность использования гафния в качестве легирующего элемента с учетом того факта, что гафний намного дороже циркония, а улучшения сервисных характеристик не произошло по сравнению с материалом, легированным цирконием;

- не приведены численные значения механических характеристик (предел прочности) и электропроводности для слаболегированных медных сплавов, которые необходимо достичь при промышленном использовании данных сплавов. В данных сплавах надо одновременно достичь предела прочности не менее 530 МПа при электропроводности не менее 78% IACS (International Annealed Copper Standard);

- использование различных методов ИПД для достижения ультрамелкозернистого состояния сплавов, для которых были получены такие сервисные характеристики как износостойчивость (КГД), усталостное поведение (РКУП) и стойкость электродов (РКУП);

- в практической значимости работы указано, что «разработаны режимы обработки сплава Cu-Cr-Hf для получения одновременно высокой прочности,

электропроводности и усталостной долговечности. На новый способ получен патент, т.е. он защищен, однако, в выводах данные режимы не приведены, хотя, как кажется, с точки зрения защиты работы на соискания ученой степени кандидата технических наук, данные результаты представляются самыми значимыми.

Частные замечания общего характера:

- не ясно для чего приводились текстурные исследования, если в диссертации и в автореферате не отражен анализ влияния текстуры на механические свойства, электропроводность и другие свойства исследуемых сплавов. Тектурные измерения были проведены в сечении материала, отличающегося от общепринятого (см. например, Beyerlein, Toth, Prog Mater Sci, 2019, 54:427), что затрудняет анализ полученных результатов. По результатам использования дифракции обратно-рассеянных электронов (EBSD) необходимо заметить разницу в подписях рисунков со структурой: например, рис.4 в автореферате называется «Ориентационные карты», а в диссертации они же называются «Обратные полюсные фигуры» (см. например рис. 50). Первое название более правильно отражает суть данной иллюстрации. Использование традиционной системы координат (например, впервые предложенной Ленгдоном с соавторами) с приведением схемы-пиктограммы РКУП значительно облегчило бы анализ и восприятие данных EBSD. На распределении границ по углам разориентировки (как в диссертации, так и в автореферате) приведены 3 распределения: коррелированное, некоррелированное и случайное. Но нигде не приводится объяснение с какой целью данные эти 3 распределения и какое из них использовалось для оценки доли большеугловых границ (из общих соображений ясно, что коррелированное распределение).

Заключение

Диссертация Шаньгиной Д.В. «Закономерности получения ультрамелкозернистых медных сплавов с повышенными прочностными и эксплуатационными свойствами» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне.

Автореферат и опубликованные работы адекватно отражают основное содержание диссертации.

Представленная диссертация отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует паспорту специальности 15.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов (в пп.1 - 4, 8).

Считаю, что Шаньгина Дарья Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 15.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

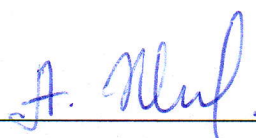
Официальный оппонент,
д.ф.-м.н. Жилиев Александр Петрович,

главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем сверхпластичности металлов Российской академии наук.

Адрес: 450001, Республика Башкортостан, г.Уфа, ул. Степана Халтурина, д. 39;

Тел.: 8 (347) 282-58-15;

e-mail: alex.zhilyaev@hotmail.com

 / А.П. Жилиев

Подписи и контактную информацию А.П. Жилиева удостоверяю:

Начальник отдела кадров ИПСМ РАН



Т.П. Соседкина

