

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.404.02, созданного на базе
федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Сибирский федеральный университет»,
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от **20.12.2023** г. № **4**

О присуждении Бусыгину Сергею Леонидовичу гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка технологии производства изделий из композиционного материала с металлической матрицей на основе меди и армирующими наноразмерными частицами хрома» по специальности 2.6.5 – порошковая металлургия и композиционные материалы принята к защите 18.10.2023 г. (протокол № 4.2) диссертационным советом 24.2.404.02, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 660041, пр. Свободный, 79, г. Красноярск. Приказ о создании диссертационного совета № 714/нк от 02.11.2012.

Соискатель Бусыгин Сергей Леонидович, 02.08.1982 года рождения. В 2023 году соискатель окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», работает старшим преподавателем кафедры машиностроения, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре машиностроения ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель - Довженко Николай Николаевич, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», кафедра машиностроения, профессор.

Официальные оппоненты: Петржик Михаил Иванович - доктор технических наук, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»», кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий, профессор; Сметкин Андрей Алексеевич - кандидат технических наук, ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», кафедра механики композиционных материалов и конструкций, доцент – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, в своем положительном заключении, подписанном Паниным Сергеем Викторовичем, доктором технических наук, профессором, профессором отделения материаловедения Инженерной школы новых производственных технологий, указала, что диссертация удовлетворяет требованиям п. 9 «Положение о присуждении ученых степеней».

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 15 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 9 работ. Получен патент на изобретение. В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения о публикациях. В публикациях, включенных в список основных по теме диссертации и подготовленных в соавторстве, вклад диссертанта оценивается до 80-90 %. Наиболее значительные работы:

1. Бусыгин С.Л., Токмин А.М., Довженко Н.Н., Казаков В.С. Влияние технологии изготовления на свойства электродов из хромистой бронзы для контактной рельефной сварки арматурных стержней // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2021. – Т. 14(8). – С. 914–929.

2. Бусыгин С.Л., Довженко Н.Н., Можяев А.В., Демченко А.И., Безруких А.А. Электроды из низколегированного наноструктурированными частицами хрома сплава меди для контактной точечной сварки // Инновации и инвестиции. – 2020. – №5. – С. 174–178.

3. Busygin S.L., Tokmin A.M., Dementeva I.S., Kazakov V.S. The Heating Process in an Induction Crucible Furnace and the Technology of Chromium Bronze

Smelting in Order to Obtain Resistance Welding Electrodes // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. – 2018. – Vol. 11(2). – P. 148–154.

4. Бусыгин С.Л., Токмин А.М., Можяев А.В., Маслов Р.С. Особенности изготовления электродов для контактной сварки арматуры ЖБИ // Сварочное производство. – 2018. – №12. – С. 19–23.

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов, все отзывы положительные:

Крутский Ю.Л. д-р техн. наук, доцент, НГТУ (г. Новосибирск); Еремин Е.Н. д-р техн. наук, профессор, ОмГТУ (г. Омск); Шестаков И.Я. д-р техн. наук, доцент, СибГУ им. М.Ф. Решетнева (г. Красноярск); Галимов Э.Р. д-р техн. наук, профессор, КНИТУ-КАИ (г. Казань); Сапожков С.Б. д-р техн. наук, доцент, НовГУ (г. Великий Новгород).

В отзывах на автореферат содержатся замечания уточняющего и рекомендательного характера. Критических замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов обосновывается на их научной специализации в области порошковой металлургии и композиционных материалов и публикациями по теме диссертации, а ведущей организации – ее широко известными достижениями в научной области диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: *разработана* новая малоцикловая технология совмещённого процесса литья-штамповки электродов контактной сварки из композиционного материала с металлической матрицей на основе меди и армирующими наноразмерными частицами хрома (Cu–MMNCr) с повышенными физико-механическими и эксплуатационными характеристиками; *предложена* модель дисперсно-дисперсионного упрочнения наноразмерными частицами хрома построенная на гипотезе нечётких множеств: вводимые в расплав меди частицы хрома до 54,6 нм растворяются полностью $\mu(x)=1$ или частично $0<\mu(x)<1$ и выделяются при закалке и старении, а частицы большего размера $\mu(x)=0$ выступают центрами кристаллизации, формируя структуру композиционного материала Cu–MMNCr; *доказана* перспективность использования наноразмерных частиц хрома при получении композиционного материала Cu–MMNCr, позволяющих

формировать высокие электропроводные и физико - механические свойства материала; *введены* новое понятие композиционного материала Cu–MMNCr (медный метало - матричный с армированием наноразмерным хромом).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: *доказано* наличие дисперсно-дисперсионного упрочнения при вводе наноразмерных частиц хрома в матрицу композиционного материала Cu–MMNCr, расширяющего границы его применимости; применительно к проблематике диссертации результативно *использован* комплекс базовых методов исследования: оптическая и электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, термодинамический анализ, методы определения твердости, микротвердости и удельной электропроводности, в том числе методы компьютерного моделирования процессов литья и штамповки, статистическая обработка результатов экспериментов; *изложены* основные технологические этапы изготовления легирующе-армирующей таблетированной лигатуры на основе порошка меди и наноразмерных частиц хрома, включающих способ введения и равномерного распределения наноразмерных частиц хрома в получаемом композиционном материале Cu–MMNCr и малооперационной технологии совмещённого процесса литья - штамповки электродов контактной сварки из композиционного материала Cu–MMNCr; *раскрыто* противоречие между повышением механических свойств и одновременным снижением электропроводности сплавов меди, установлен компромисс его разрешения путём разработки состава и новой технологии получения композиционного материала Cu–MMNCr; *изучен* характер термогидродинамики свободной (гравитационной) заливки расплава в форму для электрода с образованием тороидального вихря, влияющего на процесс растворения наноразмерных частиц путём обеспечения пересыщенной концентрации хрома в расплаве меди, препятствующего их всплытию на зеркало расплава и определяющего условия формирования структуры и свойств композиционного материала Cu–MMNCr; *проведена модернизация* компьютерных моделей, обеспечивших получение новых результатов, объясняющих механизм дисперсно-дисперсионно упрочнения наноразмерными частицами хрома.

Результаты диссертационного исследования рекомендуется **использовать** для получения электродов контактной сварки с металлической матрицей на основе меди и армирующими наноразмерными частицами хрома.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: *разработаны и внедрены* технология изготовления легирующе-армирующего компонента в виде таблетки на основе порошка меди и наноразмерных частиц хрома, новая малоцикловая технология совмещённого процесса литья - штамповки электродов контактной сварки; *определены* перспективы практического использования механизмов повышения прочности и твёрдости без существенного снижения электропроводности композиционного материала Cu–MMNCr; *созданы* компьютерные модели объёмной теплогидродинамики свободной (гравитационной) заливки расплава в металлическую форму, теплового и напряженно-деформированного объёмного состояния стадии горячей штамповки электродов контактной сварки для эффективного применения полученных знаний на практике; *представлены* рекомендации по выбору оптимальной технологии производства электродов контактной сварки и режимы обработки композиционного материала Cu–MMNCr для достижения требуемых свойств.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: *для экспериментальных работ* все научные результаты получены с использованием сертифицированного оборудования и актуализированных методик; *теория* построена на известных, проверяемых данных для электропроводных композиционных материалов и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации; *идея базируется* на анализе практики получения композиционных электропроводных материалов на основе меди и алюминия; *использованы* сравнения авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике; *установлено* качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по рассматриваемой тематике; *использованы* современные методики сбора и обработки исходной информации,

представительные выборочные совокупности с обоснованием подбора объектов наблюдения и измерения.

Личный вклад соискателя состоит во включенном участии на всех этапах процесса выполнения исследований, непосредственное участие соискателя в проведении научных экспериментов с последующей обработкой полученной статистической информации, разработка установки для реализации совмещённого процесса литья-штамповки электродов контактной сварки из композиционного материала Cu-MMNCr на кривошипном двухстоечном прессе, обработка и интерпретация экспериментальных данных, подготовка основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

На заседании 20 декабря 2023 года диссертационный совет постановил: за новые научно обоснованные технические и технологические решения в области создания изделий из композиционных материалов с металлической матрицей и армирующими наноконпонентами, имеющие существенное значение, для развития страны, присудить Бусыгину С.Л. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 11 докторов наук по специальности 2.6.5 – порошковая металлургия и композиционные материалы, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 12, против – 0.

И. о. председателя

диссертационного совета



Лямкин Алексей Иванович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Карпов Игорь Васильевич

20.12.2023 г.