

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу Бусыгина Сергея Леонидовича «Разработка технологии производства изделий из композиционного материала с металлической матрицей на основе меди и армирующими наноразмерными частицами хрома», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

Диссертация на тему «Разработка технологии производства изделий из композиционного материала с металлической матрицей на основе меди и армирующими наноразмерными частицами хрома», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 «Порошковая металлургия и композиционные материалы» подготовлена аспирантом кафедры Машиностроения Сибирского федерального университета Бусыгиным С. Л. Работа проверена на заимствование. Оценка оригинальности работы 83,84 %.

Актуальность темы диссертационного исследования не вызывает сомнений. Во многих современных отраслях промышленности есть острая необходимость в медных сплавах, обладающих одновременно высокой электропроводностью, термической стабильностью и высокими механическими свойствами. К сожалению, это, как правило, взаимоисключающие свойства не только для сплавов меди, но и сплавов других металлов. В связи с этим достижение оптимального сочетания высоких значений прочности, твёрдости и электропроводности при создании и обработке медных сплавов в изделия является сложной и актуальной задачей.

Несомненную актуальность настоящее исследование приобретает ещё и в связи с тем, что установление компромиссного соотношения между высокими значениями прочности, твёрдости и электрической проводимости в проводнике является фундаментальным научным вопросом.

Автором диссертационной работы на основе глубокого и обширного анализа состояния исследований и технологий по данному актуальному направлению сформулирована чёткая цель «Разработка малооперационной

технологии производства электродов контактной сварки из композиционного материала с металлической матрицей на основе меди и армирующими наноразмерными частицами хрома» и сформулированы задачи, направленные на её достижение. Это позволило Бусыгину С. Л. успешно разрешить указанное компромиссное соотношение между прочностью, твёрдостью и электрической проводимостью путём создания композиционного материала с металлической матрицей на основе меди дисперсно - дисперсионно упрочнённого наноразмерными частицами хрома. В процессе выполнения диссертационного исследования Бусыгиным С. Л. получены основополагающие результаты, обладающие научной новизной и практической ценностью. Показано, что характер термогидродинамики свободной заливки расплава в форму для электрода способствует образованию тороидального вихря как замедляющего процесс растворения наноразмерных частиц Cr, так и препятствующего их всплытию на зеркало расплава, определяющего тем самым условия формирования структуры и свойств формируемого композиционного материала Cu-MMNCr (Cu металло-матричный с армированием наноразмерным Cr).

Также в ходе компьютерного моделирования и экспериментальных исследований установлено, что малые горячие пластические деформации при высокой скорости деформации повышают механические свойства композиционного материала Cu-MMNCr при старении, причём, наибольшее влияние оказывают в комплексе среднее нормальное сжимающее напряжение и интенсивность касательных напряжений, приводящие к повышению плотности дислокаций. Предложена модель дисперсно - дисперсионного упрочнения наноразмерными частицами Cr, построенная на гипотезе нечётких множеств: вводимые в расплав меди частицы Cr размером 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.

В результате выполнения диссертационного исследования Бусыгиным С.Л. получены ценные для практического использования

результаты. Разработан масштабируемый малооперационный метод производства электродов контактной сварки из композиционного материала Cu–MMNCr, включающий: технологию изготовления легирующе–армирующего компонента в виде таблетки на основе порошка меди и наноразмерных частиц хрома; конструкцию инструмента для реализации совмещённого процесса литья–штамповки электродов контактной сварки из композиционного материала Cu–MMNCr на кривошипном двухстоечном прессе; технологические режимы изготовления электродов контактной сварки и способ изготовления электродов для контактной сварки, защищённый патентом РФ № 2412035. Для более широкого использования результатов работы при проектировании технологии на другие конструкции электродов созданы базовые компьютерные модели: объёмной теплогидродинамики свободной (гравитационной) заливки расплава в металлическую форму для получения электрода контактной сварки; теплового и напряженно–деформированного объёмного состояния стадии горячей штамповки электрода контактной сварки.

Бусыгин С. Л. имеет хорошую теоретическую подготовку и высокий научный уровень в области нанотехнологий, композиционных материалов и материаловедения. Зарекомендовал себя высококвалифицированным исследователем с хорошей практической и компьютерной подготовкой. Научные результаты получены соискателем лично и при его непосредственном активном участии.

По теме диссертации Бусыгиным С. Л. в соавторстве опубликовано 15 научных работ, отражающих содержание диссертации, 9 статей - в рецензируемых журналах, включённых в перечень Scopus и ведущих периодических изданий ВАК Минобразования и науки РФ, 1 патент РФ.

Бусыгин С.Л. проявил качества целеустремлённости не только при работе над диссертационным исследованием, но и при внедрении результатов в производство и учебный процесс подготовки специалистов. На основе полученных результатов исследования, разработана и опробована в производственных условиях предприятия ООО «ОКБ Микрон» «Технология изготовления электродов контактной сварки из вторичного медного сырья».

Проведены промышленные испытания электродов контактной сварки на предприятии АО «ФИРМА КУЛЬТБЫТСТРОЙ». Результаты исследования внедрены в учебный процесс ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» для подготовки бакалавров по направлению 15.03.01 «Машиностроение» в дисциплине «Сварка давлением» и подготовке магистров по направлению 15.04.01 «Машиностроение» в дисциплине «Контактная сварка».

Диссертационная работа является завершённым научно-квалификационным трудом, который по степени актуальности, научной новизне, достоверности и практической значимости результатов соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 2.6.5 «Порошковая металлургия и композиционные материалы». В связи с вышеизложенным считаю, что Бусыгин Сергей Леонидович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Научный руководитель, доктор технических наук,
(05.16.05 – Обработка металлов давлением),
профессор.

Профессор кафедры Машиностроения
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»

Довженко Николай Николаевич

«08» сентября 2023 г.

Красноярск, 660074, ул. Киренская, д. 269

8(902)923-78-46

ndovzhenko@sfu-kras.ru



ФГАОУ ВО СФУ	
Подпись <i>Довженко Н.Н.</i>	заверяю
Делопроизводитель <i>[Signature]</i>	
«08» 09	20 23 г.