

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертацию Хорьяковой Натальи Михайловны на тему «Разработка ресурсосберегающего способа получения порошковой меди электроэрозионным диспергированием», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности  
05.16.09 «Материаловедение (машиностроение)»

### **1. Актуальность темы диссертационного исследования**

Рецензируемая диссертация Хорьяковой Н.М. посвящена одной из актуальных задач развития современного машиностроения, а именно получению порошковой меди с улучшенным качеством за счет применения прогрессивных технологических процессов.

В настоящее время порошковая медь нашла широкое применение для изготовления деталей методом порошковой металлургии и других целей, преимущественно в электротехнической, приборостроительной, машиностроительной, химической и авиационной промышленностях, а так же в нанотехнологиях. Ее используют в порошковой металлургии для изготовления спеченных изделий, колец, втулок и др. В современных условиях экономии ресурсов и энергопотребления особую актуальность имеет вторичная переработка не возобновляемой меди и ее получение энергоэффективными и ресурсосберегающим способом электроэрозионного диспергирования. Электроэрозионное диспергирование, позволяет получить порошковую медь с содержанием наночастиц из отходов, без использования химических реагентов и загрязнения рабочей жидкости и окружающей среды химическими веществами.

Таким образом, диссертационная работа Хорьяковой Н.М., посвященная разработке нового способа получения медных порошковых материалов электроэрозионным диспергированием, а также изучению ее химического и фазового состава, структуры и свойств, возможных областей практического применения, является актуальной для современной промышленности.

## **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе**

На основании рассмотренных материалов диссертации заключаю: основные результаты, выводы и рекомендации соответствуют содержанию диссертации и согласуются с отдельными ее разделами.

Общие выводы по диссертации доказывают положения, выносимые на защиту.

Первый вывод работы посвящен разработке способа получения порошковой меди, отличающийся тем, что отходы электротехнической медной проволоки, содержащие не менее 99,5 % меди, подвергают электроэрозионному диспергированию в дистиллированной воде при частоте следования импульсов 28...100 Гц, напряжении на электродах 150...220 В и емкости разрядных конденсаторов 25,5...55,5 мкФ.

Второй вывод работы посвящен разработке способа получения нанопорошка меди из отходов электротехнической медной проволоки, отличающейся тем, что отходы электротехнической медной проволоки, содержащие не менее 99,5 % меди, подвергают электроэрозионному диспергированию в дистиллированной воде при частоте следования импульсов 100...120 Гц, напряжении на электродах 200...220 В и емкости разрядных конденсаторов 25,5...35,5 мкФ, с последующим центрифугированием раствора для отделения наноразмерных частиц от крупноразмерных.

Третий вывод работы посвящен разработке способа получения медных гальванических покрытий, модифицированных наночастицами электроэрозионной меди, отличающейся тем, что в сульфатный электролит меднения вводят наночастицы меди, полученные электроэрозионным диспергированием медных отходов, размерностью 2,5...100 нм в концентрации до 0,1 г на 100 мл электролита.

Четвертый вывод работы посвящен установлению закономерности изменения структуры и свойств порошковой меди, полученной при электроэрозионном диспергировании, от свойств рабочей жидкости.

Пятый вывод работы посвящен разработке технологии получения и исследованию свойств пригодных к промышленному применению спеченных образцов,

полученных холодным изостатическим прессованием и спеканием в вакууме при 900...1000  $^{\circ}\text{C}$  в течение 1 часа из электроэррозионной меди, полученной в дистиллированной воде.

Шестой вывод работы посвящен доказательству того, что введение высокотвердых наночастиц электроэррозионной меди, образующихся при закалке паров металла в рабочей жидкости при диспергировании, способствует повышению твердости гальванического покрытия.

Седьмой вывод работы отражает практическую значимость работы. Разработанные технологии и оборудование апробированы и внедрены как в производственный, так и в учебный процесс.

### **3. Научная новизна и достоверность**

Достоверность результатов, полученных экспериментальным путем, обеспечивается корректным применением существующих методик, использованием современного лабораторного оборудования с компьютерным управлением, аprobацией при обсуждении результатов диссертации на международных научно-технических конференциях, согласованностью теоретических результатов с экспериментальными данными, полученными соискателем.

Новизна диссертационной работы заключается в разработке, теоретическом и экспериментальном обосновании, а также создании и внедрении в практику нового метода получения порошковой меди – электроэррозионного диспергирования, отличающегося невысокими энергетическими затратами и экологической чистотой процесса. Научная новизна работы состоит в следующем:

- в установлении оптимальных значений энергетических параметров диспергирования, позволяющие управлять производительностью процесса и средним размером частиц порошковой меди;
- в установлении зависимости между свойствами рабочей жидкости и свойствами медного электроэррозионного порошкового материала, позволяющие управлять составом, структурой и свойствами последнего;
- в установлении взаимосвязи между составом, структурой и свойствами электроэррозионной порошковой меди и спеченных изделий, полученных на ее основе, позволяющие добиться необходимого качества последних;

– в установлении взаимосвязи между концентрацией наночастиц электроэрозионной порошковой меди и свойствами медных гальванических покрытий, позволяющие управлять свойствами покрытий.

#### **4. Оценка содержания работы**

Диссертация изложена в одном томе общим объемом 231 страницу с приложениями и состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы (146 наименований) и шести страниц приложений. Содержит 96 рисунков и 62 таблицы.

Автореферат диссертации представлен на 24 страницах и включает в себя общую характеристику работы, содержание работы, основные результаты работы и список работ, опубликованных автором по теме диссертации.

Замечания по работе.

1. В четвертой главе «Результаты исследования спеченных образцов электроэрозионной порошковой меди» приведены результаты исследования пористости спеченных образцов электроэрозионной порошковой меди, но нет сравнения с пористостью спеченных образцов ПМС-1.
2. В диссертации недостаточно обоснован выбор диспергируемого материала – отходов электротехнической медной проволоки марки М1.

3. В диссертации недостаточно рассмотрена экономическая эффективность внедрения процесса электроэрозионного диспергирования меди.

4. В диссертации приведены результаты спекания спрессованных образцов электроэрозионной порошковой меди при  $900^{\circ}\text{C}$  и  $1000^{\circ}\text{C}$ . Следовало бы пояснить, почему были выбраны данные температуры спекания.

#### **5. Заключение**

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки выполненной работы. В целом текст диссертации «Разработка ресурсосберегающего способа получения порошковой меди электроэрозионным диспергированием» изложен технически грамотно, лаконично и состоит из 5 глав. Использованы общепринятые термины и определения. Графические материалы достаточно полно и четко отображают результаты исследований. На используемые заимствованные материалы приведены необходимые ссылки. Диссертация является законченным научно-

исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты. Автореферат диссертации отражает основное содержание работы. Диссертационная работа «Разработка ресурсосберегающего способа получения порошковой меди электроэрозионным диспергированием» по тематике, содержанию и результатам соответствует области исследования по п. 4 «Разработка физико-химических и физико-механических процессов формирования новых материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой», п. 5 «Установление закономерностей и критериев оценки разрушения материалов от действия механических нагрузок и внешней среды» и п. 10 «Разработка покрытий различного назначения (упрочняющих, износостойких и других) и методов управления их качеством» паспорта специальности 05.16.09 «Материаловедение (машиностроение)». Диссертационная работа «Разработка ресурсосберегающего способа получения порошковой меди электроэрозионным диспергированием» соответствует требованиям п. 9, 10, 11, 12, 13 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Российской Федерации, а ее автор, Хорякова Наталия Михайловна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 «Материаловедение (машиностроение)».

Официальный оппонент,  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Электротехника  
и электроэнергетика», федеральное  
государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Курская государственная  
сельскохозяйственная академия  
имени И.И. Иванова»

Владимир Исаевич  
Серебровский

Почтовый адрес: 305021, г. Курск, улица Карла Маркса, д. 70  
Тел.: 8 (903) 877-99-97  
E-mail: svi.doc@yandex.ru

