



САМАРСКИЙ  
ПОЛИТЕХ  
Опорный университет

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Самарский государственный  
технический университет»  
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

ул. Молодогвардейская, 244,  
гл. корпус, г. Самара, 443100  
Тел.: (846) 278-43-11, факс (846) 278-44-00  
E-mail: [rector@samgtu.ru](mailto:rector@samgtu.ru)  
ОКПО 02068396, ОГРН 1026301167683,  
ИНН 6315800040, КПП 631601001

06.05.19 № 01.10.05/1526

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Ученому секретарю  
Диссертационного совета Д212.125.15  
в ФГБОУ ВО «МАИ (НИУ)»  
д.т.н. С.В. Скворцовой

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,  
Волоколамское шоссе, д. 4, МАИ

Направляем отзыв профессора А.П. Амосова на автореферат диссертационной работы В.В. Максимова «Физико-химические закономерности гидрокарбонильных процессов получения порошков меди и палладия и композиционных материалов на их основе для изделий вакуумной и газоразрядной техники», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Приложение: Отзыв в 2-х экз., на 2 листах каждый.

Ученый секретарь университета,  
доктор технических наук

Ю.А. Малиновская

**Отзыв на автореферат кандидатской диссертации В.В. Максимова**  
**«Физико-химические закономерности гидрокарбонильных процессов получения порошков меди и палладия и композиционных материалов на их основе для изделий вакуумной и газоразрядной техники»**

Актуальность диссертации В.В. Максимова не вызывает сомнения, так как физико-химическое и технологическое обоснование эффективности гидрокарбонильных (ГК) процессов переработки смешанных руд (концентратов, низкокачественных промпродуктов, отвалов и аффинажа) меди и палладия для получения высокочистых тонкодисперсных порошков этих металлов с максимальным выходом и контролируемым размером частиц может внести важный вклад в переход на использование экологически чистых технологий, обеспечивающих снижение отходов перерабатываемых веществ, вовлечение в производство низкокачественных вторичных материалов.

При экспериментальном исследовании физико-химических закономерностей гидрокарбонильных процессов получения порошков меди и палладия и композиционных материалов на их основе для изделий вакуумной и газоразрядной техники диссертант получил ряд новых научных результатов. Предложено уравнение реакции гидрокарбонильного каталитического восстановления  $\text{Cu(II)} \rightarrow \text{Cu(I)}$  и установлена зависимость кинетики реакции, формы и полноты восстановления  $\text{Cu(I)}$  от температуры процесса и концентрации ионов хлора. Показано, что механизм ГК каталитического восстановления  $\text{Cu(II)} \rightarrow \text{Cu(I)}$  имеет два направления - каталитическое и автокаталитическое. Установлено влияние концентрации палладия и соляной кислоты, а также температуры гидрокарбонильного процесса на размеры частиц, насыпную плотность, термическую устойчивость получаемых порошков палладия. Показано, что: получение устойчивых к окислению до температуры 500 °С порошков палладия с размером частиц более 2 мкм и насыпной плотностью до 2 г/см<sup>3</sup> обеспечивает ГК процесс при температуре 80 °С с исходной концентрацией палладия в растворе до 80 г/дм<sup>3</sup>, а соляной кислоты - 1 моль/дм<sup>3</sup>; для получения порошков палладия, устойчивых к окислению до 200 °С, с размером частиц до 1 мкм и насыпной плотностью 1 г/см<sup>3</sup> необходимо проведение ГК процесса при температуре 20 °С, содержании палладия в растворе до 40 г/дм<sup>3</sup> и концентрации соляной кислоты в растворе до 10 моль/дм<sup>3</sup>. Предложен процесс гидрокарбонильного восстановления, приводящий к удалению из растворов, содержащих Fe, Ni, Co и другие тяжелые цветные металлы, до 95% меди. Процесс обеспечивает степень восстановления %, степень осаждения  $\text{Cu(Cu(II)Cu(I)}_{98} \rightarrow \geq \text{I}) > 96\%$  и получение порошков с размером частиц в диапазоне 0,5...10 мкм.

Эти результаты имеют большую практическую значимость. Проведена комплексная апробация и аттестация ГК технологии в применении ее к получению вторичных порошков меди и палладия заданного гранулометрического состава, что позволило определить оптимальные параметры, обеспечивающие степень извлечения этих металлов до 90% с возможной регенерацией исходного раствора, что в целом свидетельствует о экологичности и практически безотходности данного процесса. Получены из вторичных металлических порошков композиционные ленты для циклических вторично-эмиссионных катодов и каталитические покрытия на наружных поверхностях композиционных электродов на основе коллоидных высокодисперсных частиц и микропорошков меди и палладия, активность которых значительно выше выращенных на



поверхности монометалла. Получены впервые из вторичных металлических порошков палладия и меди источники электронов в виде катодов, катализаторов для ЭВП СВЧ и малогабаритных отпаянных CO<sub>2</sub>-лазеров. Применение катализаторов снижает степень диссоциации CO<sub>2</sub>, а применение регенератора из BaAl<sub>4</sub> - снижает степень диссоциации N<sub>2</sub> в молекулярных He-CO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> лазерах.

Замечания по содержанию автореферата:

1. Вызывают вопросы представленные в главе 3 результаты исследования гранулометрического состава тонкодисперсных порошков меди и палладия, полученных по разработанной ГК технологии. Указывается, что эти исследования проводились на лазерном анализаторе частиц «Ласка-1К» с диапазоном измерений размеров частиц 1,0 - 50 мкм (рис. 4, 5). Но эти рисунки не соответствуют указанному диапазону 1,0 - 50 мкм, особенно рис. 5. На стр. 14 утверждается, например, что полученный гидрокарбонильным способом порошок меди по размеру частиц лежит в диапазоне 0,5...10 мкм. А утверждение, что ГК схема получения порошков палладия обеспечивает получение частиц в диапазоне 1,7...2,7 мкм (рис.5) совсем не соответствует рис. 5, из которого видно, что порошки палладия значительно более мелкие.
2. На стр. 18 отмечается, что из порошков меди были спрессованы наноструктурированные втулки (регенераторы CO<sub>2</sub>), но никаких доказательств наноструктурированности этих втулок нет. Не очень понятно, откуда взялась наноструктурированность втулок

Однако эти замечания не могут существенно повлиять на положительную оценку диссертационной работы, выполненной на высоком научном уровне. Ее результаты вносят важный научный вклад и успешно могут быть практически использованы для получения высококачественных порошков меди и палладия из отходов производства и их использования для производства композиционных материалов изделий вакуумной и газоразрядной техники.

Диссертация удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертации, Максимов Владимир Владимирович, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Зав. кафедрой «Металловедение,  
порошковая металлургия, наноматериалы»,  
Самарского государственного технического  
университета, д.ф.-м.н., профессор

Телефон: (846) 242-28-89. E-mail: [egundor@yandex.ru](mailto:egundor@yandex.ru).

443110, Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Главный корпус.

  
Амосов  
Александр  
Петрович

Подпись А.П. Амосова заверяю.

Ученый секретарь ФГБОУ ВО «Самарский  
государственный технический университет»  
доктор технических наук



Ю.А. Малиновская

06.05.19