

## Отзыв

официального оппонента Кургановой Юлии Анатольевны  
на диссертационную работу Каплан Михаила Александровича «Разработка  
технологии получения сферических порошков из коррозионностойкой стали  
с антибактериальными свойствами для применения в порошковой  
металлургии», представленную на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности 2.6.5 (05.16.06) – «Порошковая  
металлургия и композиционные материалы»

Разработка новых материалов для изготовления изделий, контактирующих с агрессивными средами, является важной и очень актуальной задачей. Используемые в настоящее время материалы, такие как нержавеющие стали, титан, сплавы на его основе и другие металлические сплавы, не в полной мере удовлетворяют всему комплексу требований по биохимической совместимости.

Разработанные диссертантом стали обладают антибактериальными активностью с высокими механическими свойствами. В связи с этим создание из этого материала сферического порошка для применения в аддитивном производстве представляется весьма перспективным.

Особо интересной разработкой диссертанта является устройство для получения металлического порошка, на которое получен патент № 2749403 РФ.

На отзыв представлена диссертация общим объемом 151 страница, включающая введение, 4 главы, общие выводы, список используемой литературы из 217 пунктов, полный список наиболее важных публикаций автора из 28 наименований и содержащая 71 рисунок, 24 таблицы и 1 приложение, а также автореферат общим объемом 23 страницы, включая 14 рисунков, 4 таблицы, общие выводы и список наиболее важных опубликованных работ из 11 наименований.

**Во введении** описывается цель, задачи работы, обосновывается их актуальность, новизна и практическая значимость, приведены данные по апробации работы и основным публикациям.

**В первой главе** приводится обзор литературы, используемой в диссертационной работе. Рассмотрены виды коррозионностойких материалов. В качестве основы выбрана коррозионностойкая сталь 03X17H10M2, наиболее распространенная и востребованная для применения в промышленности. Обоснована и выбрана концентрация добавления модифицирующих элементов для придания стали антибактериальной активности. Также в обзоре рассмотрены аддитивные методы, свойства получаемых изделий и методы получения исходного сырья для данных методов, а именно сферического порошка. На основе литературного обзора сформулированы цели и задачи исследования.

**Во второй главе** подробно описываются материалы и методы исследования, используемые в работе. Также в главе описана полная технологическая цепочка получения сферических порошков с антибактериальными свойствами, включающая в себя выплавку слитков, прокатку, ротационную ковку, волочение, термообработку и плазменное распыление проволоки. Диссертантом получен патент № 2749403 РФ на устройство для получения металлического порошка.

**В третьей главе** посвящена изучению свойств слитков, пластин и проволок разработанной антибактериальной стали с добавлением серебра (0,2 % Ag / 0,5 % Ag), а также серебра и титана (0,5 % Ti и 0,2 % Ag). Показано, что 3 переплава и гомогенизационный отжиг при 1050°C в течение 9 часов приводит к равномерному распределению химических элементов, структура состоит из аустенита, а механические свойства практически не снижаются при добавлении серебра, однако у материала появляется антибактериальная активность.

**В четвертой главе** диссертант отработал технологию получения сферического порошка на промышленной проволоке 03X17H10M2.

Исследовал зависимости насыпной плотности, текучести и плотности после утряски от фракции порошка, а также получал и изучал свойства полученных порошков из разработанной антибактериальной стали с добавлением серебра (0,2 % Ag / 0,5 % Ag), а также серебра и титана (0,5 % Ti и 0,2 % Ag). Гранулометрический состав полученного порошка показал, что 70% фракции менее 167 мкм, а частицы обладают высокой степенью сферичности. Также показано, что текучесть порошка увеличивается при использовании меньшей фракции. Порошки обладают высокой насыпной плотностью и текучестью. Исследования показали, что полученные порошки пригодны для использования в аддитивном производстве. В конце главы из антибактериального сферического порошка фракции (160-250 мкм) получен фильтр методом свободной засыпки и исследована водная проницаемость, которая составила 25,1 мкм<sup>2</sup>.

**Научная новизна** представленной работы состоит в разработке антибактериальной стали против бактерий рода *Clavibacter* и *Pseudomonas marginalis*, влиянии гомогенизационных отжигов для получения слитков с равномерным распределением химических элементов, в изученном влиянии добавления серебра и параметров пластической деформации на свойства образцов в виде пластин и проволоки, в полученной зависимости выхода годной фракции (менее 160 мкм) от режимов плазменного распыления, а также в получении и изучении антибактериального сферического порошка.

Работа имеет и большую **практическую значимость**. В частности разработана технология получения антибактериальных пластин, проволок и сферических порошков для применения в медицине, сельском хозяйстве и пищевой промышленности, разработана технология получения сферического порошка с выходом фракции (менее 160 мкм) более 70%, получен патент № 2749403 РФ: «Устройство для получения металлического порошка», показана возможность получения фильтров из антибактериальных сферических порошков.

**Значимость для науки и производства** результатов, представленных в диссертационной работе, заключается в создании новых сферических порошков из модифицированных коррозионностойких сталей, полученных плазменной атомизацией, имеющих высокую текучесть, сферичность и округлость с минимальным количеством различных дефектов. Значимость полученных результатов подтверждается их практическим использованием в профильных организациях, а именно ООО «Пушчинотех», АО «Корпорация «МИТ».

**Степень обоснованности и достоверности** подтверждается высоким уровнем совпадений экспериментальных данных, полученных различными современными методами исследований, систематическим характером проведения исследований и обработки результатов, а также соответствием полученных результатов с данными других авторов.

**Основные результаты** опубликованы в 28 печатных работах, в том числе в 7 статьях в журналах, индексируемых в базах Scopus / Web of Science, 3 статьях в Российских журналах, включенных в перечень ВАК и 1 патенте на изобретение. Имеется апробация на нескольких международных и всероссийских конференциях.

К содержанию диссертационной работы имеются следующие **замечания:**

1. В диссертационной работе при исследовании фазового состава пластин был обнаружен феррит в количестве 2,2% в составе №4. Проведенные термические обработки снизили содержание феррита до 1,5%, однако не привели к полностью однофазной структуре.
2. Для изучения антибактериальной активности использовали штаммы бактерий рода *Pseudomonas* и *Clavibacter*, но не обоснованно почему были выбраны конкретно эти бактерии.
3. Для представленных в диссертационной работе графических зависимостей и таблиц не всегда ясно какое количество образцов использовалось, для получения результата.

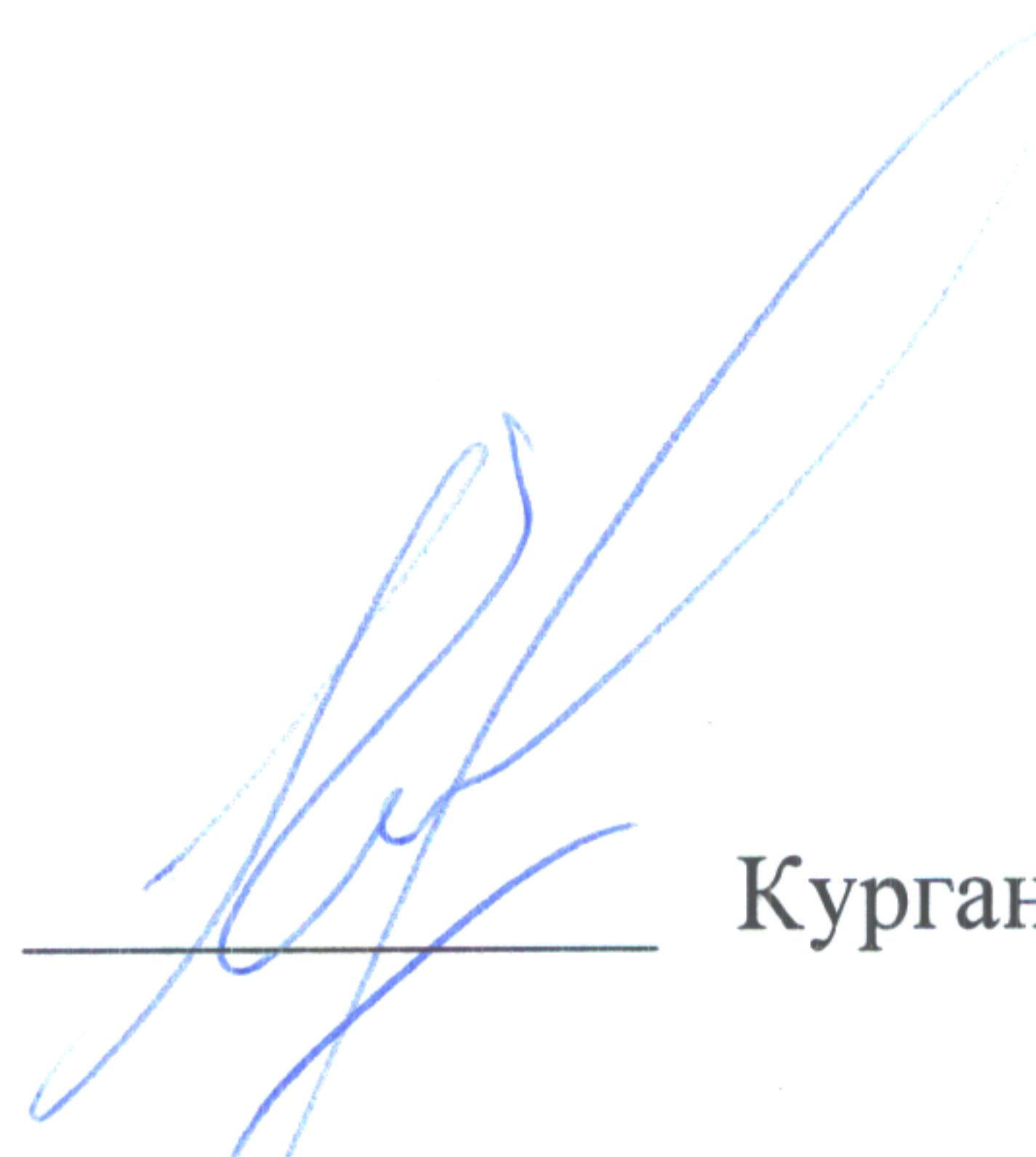
4. В автореферате присутствует ошибка в нумерации рисунков. После рисунка 12 идет рисунок 14.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации. Считаю диссертацию качественной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача создания новых антибактериальных сплавов, методом модифицирования коррозионностойкой стали и получении из них сферических порошков для применения в порошковой металлургии и, в том числе, аддитивном производстве.

Диссертация Каплан М.А. полностью соответствует п.9 "Положения о присуждении ученых степеней" ВАК РФ и паспорту специальности 2.6.5 (05.16.06) (области исследований п.1, п.2, п.5 и п.6), а ее автор Каплан Михаил Александрович несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 (05.16.06) - Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Официальный оппонент: доктор технических наук (специальности: 05.16.06 «Порошковая металлургия и композиционные материалы»), доцент, профессор кафедры «Материаловедение» и заместитель заведующего кафедрой по методической работе, руководитель лаборатории композиционных и неметаллических материалов в МГТУ им. Н. Э. Баумана

Подпись Кургановой Юлии Анатольевны заверяю

  
Курганова Ю. А.

  
Подпись, печать

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана (национальный исследовательский университет)»

Адрес: 105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, к. 1

Тел: +7-499-267-00-71, E-mail: kurganova\_ya@mail.ru