



Акционерное общество

**МИТ «КОРПОРАЦИЯ**  
**«МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕПЛОТЕХНИКИ»**

Березовая аллея, д.10, Москва, Россия, 127273  
Телефон: (499) 907-37-74, Телефакс: (499) 907-37-29;  
e-mail: info@corp-mit.ru

Федеральное государственное  
бюджетное учреждение науки  
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И  
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ  
им. А.А. Байкова  
Российской академии наук  
(ИМЕТ РАН)

119334, Москва, Ленинский пр., 49  
Тел. (499) 135-20-60, факс: 135-86-80

E-mail: [imet@imet.ac.ru](mailto:imet@imet.ac.ru)

<http://www.imet.ac.ru>

Председателю диссертационного совета  
24.1.078.02 (Д.002.060.02)  
д.т.н. Юсупову В.С.

от 19.04.22 № 4-587-48

На № 12202-6215-505/5 от 15.06.2022



Уважаемый Владимир Сабитович!

В ответ на письмо от 15.06.2022 № 12202-6215-505/5 направляю в Ваш адрес отзыв на диссертационную работу Каплан М.А. «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».



Генеральный директор

С.А. Пономарев

« 20 » 04 2022 г.



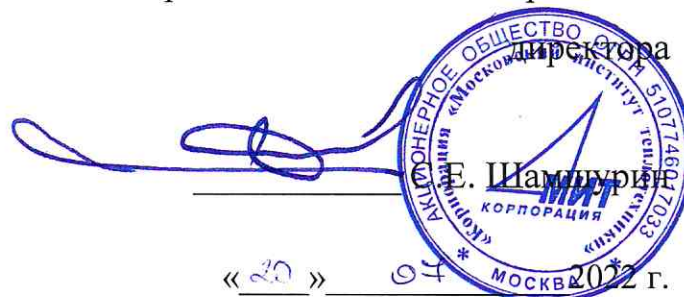
016744

Акционерное общество "Корпорация  
"Московский институт теплотехники"  
(АО "Корпорация МИТ")  
127273, город Москва, Берёзовая ал., д.10  
ИНН 7715842760, КПП 771501001  
ОГРН 5107746017033, ОКПО 07501248  
Тел.: +7 (499) 907-37-74  
Факс: +7 (499) 907-37-29  
E-mail: info@corp-mit.ru

«УТВЕРЖДАЮ»

Главный инженер—  
первый заместитель генерального

директора  
Е. Шапурин  
«20» 04 \*  
МОСКВА 2022 г.



### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

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»

#### Актуальность темы

Коррозионностойкая аустенитная сталь 03X17H10M2 обладает высокой коррозионной стойкостью, механической прочностью и пластичностью. Изделия, изготовленные из нее, гарантируют длительную и качественную эксплуатацию, поэтому она широко применяется в пищевой, сельскохозяйственной промышленности, а также в медицине и других областях. Из нее изготавливаются баки для коррозионных и пищевых растворов, архитектурные сооружения, контактирующие с агрессивными средами, трубы для пищевой промышленности, штабелируемые лотки для рассады, различные медицинские изделия и инструменты, такие как ортопедические протезы, зубные имплантаты, сердечно-сосудистые стенты/клапаны, фиксаторы переломов костей и другие изделия. Однако, окружающая среда очень агрессивна для металлов и может вести к адсорбции протеина, образованию биопленки (прикрепление микроорганизмов / бактерий к поверхности материала), и коррозии или сама стать источником бактериального заражения. Недавние исследования показали, что добавление серебра в коррозионностойкие стали может придать им антибактериальные



свойства, без необходимости модификации поверхности.

Происходит активное внедрение аустенитных сталей в аддитивные методы производства для изготовления различных изделий. Данные методы производства становятся все более распространенными за счет потребности в быстром прототипировании и производстве деталей, требующих конструктивных особенностей, которые не могут быть изготовлены с помощью обычного процесса прессования и спекания. Сырьем для аддитивного производства является сферический порошок или проволока. Для получения качественных изделий сферические порошки должны состоять из мелких сферических частиц определенной фракции, которые текут и образуют плотные или хорошо уплотненные слои. В связи с этим в данной диссертационной работе поставлена очень актуальная цель - разработка технологии получения сферических порошков из коррозионностойкой стали, обладающих антибактериальными свойствами, для применения в порошковой металлургии и аддитивных методах.

#### **Научная новизна исследования и полученных результатов**

В качестве основных результатов представленной работы, имеющих выраженную научную новизну можно отметить следующие:

- Разработаны антибактериальные стали на основе стали 03X17H10M2 с добавлением серебра (0,2%Ag / 0,5% Ag), серебра и титана (0,2% Ag и 0,5% Ti).

- Изучено влияние гомогенизационных отжигов слитков антибактериальных сталей на структуру. Для получения аустенитной структуры слитки плавят не менее 3-ех раз в аргонодуговой печи и подвергают гомогенизационному отжигу (1050°C, 9 часов).

- Исследовано влияние добавления серебра и титана и параметров пластической деформации на структуру и механические свойства образцов. Прокатку слитков следует проводить при подогреве до 1100°C с предварительным нагревом в течение 25 минут и промежуточными в течение 5 минут. Температура ротационнойковки должна составлять 700°C при смене бойков с диаметра 12,5 до 2,45 мм. Волочение с диаметра 2,2 до 1 мм проводя в холодную. Пластины и проволоки имеют мелкозернистую аустенитную структуру и высокие механические свойства. При увеличении температуры термических обработок увеличивается пластичность.

- Получена зависимость выхода фракции, применяемой в аддитивном производстве, от режимов распыления. Увеличение мощности электрической дуги и расхода газа увеличивает выход фракции для аддитивных методов и достигает 75%. Подобран основной режим получения порошка - 4кВт, 200л/мин. Получена зависимость текучести, насыпной плотности и плотности после утряски от размера частиц порошка. Текучесть порошка возрастает при уменьшении частиц порошка.

- Методом плазменного распыления получены антибактериальные сферические порошки. Небольшое содержание серебра в составе не влияет на свойства порошка.

### **Значимость для производства полученных в диссертационной работе результатов**

- Разработана технология получения пластин, проволок и сферических порошков из антибактериальных сталей за счет добавления серебра. Изучены стадии и технологические параметры формирования сферических частиц порошка.

- Разработана технология получения сферического порошка с содержанием частиц для аддитивного производства более 70%. Разработана конструкция установки, защищенная патентом № 2749403 РФ: «Устройство для получения металлического порошка».

- Получен антибактериальный сферический порошок с серебром и титаном. Определена их применимость в аддитивной промышленности и порошковой металлургии. Порошки более 160 мкм можно применять для спекания и/или горячего прессования.

- Полученные сферические порошки, с фракцией не пригодной для аддитивных технологий, могут применяться для изготовления антибактериальных фильтров.

- Результаты работы будут применяться в специализированных организациях: ООО «Пушинотех», АО «Корпорация «МИТ». Сферический порошок из антибактериальной коррозионностойкой стали планируется к применению для печати изделий нового поколения, в том числе для медицинских инструментов.

### **Степень обоснованности**

Научные положения, выводы и заключения, сформулированные автором диссертации, подтверждаются повторяемостью экспериментальных результатов,



применением современных методов исследования структуры и свойств материалов, нового современного оборудования, систематическим характером проведенных исследований в рамках академических научных школ, а также согласованностью полученных результатов с литературными данными других авторов.

### **Публикации по результатам диссертационной работы**

Основные результаты диссертации достаточно полно отражены в 28 печатных работах, в том числе в 3 статьях в российских журналах, рекомендованных ВАК РФ и 7 статьях в журналах, индексируемых Scopus / Web of Science и 1 патенте на изобретение. Полученные результаты представлены на 14 международных и всероссийских конференциях.

По диссертационной работе могут быть сделаны следующие замечания:

1. В работе представлены результаты влияния закалки и нормализации на механические свойства проволоки 03X18H10M2, но не объяснено для чего она проводится и какая термическая обработка лучше.
2. В работе не рассмотрена возможность дополнительной обработки проволоки 1мм из полученных составов после волочения.
3. Отсутствуют результаты проведенных исследований антибактериальных свойств изготовленных фильтров из полученного порошка.
4. При описании методик исследования не везде указано число образцов, используемых при проведении испытаний или измерений.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Каплан М.А. Диссертация является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, посвященной актуальной научной проблеме. В работе решен ряд актуальных задач, имеющих теоретическое и практическое значение.

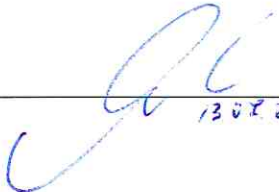
Представленные в диссертационной работе результаты играют важную роль в развитии материаловедения в области порошковой металлургии. Сферический порошок из новых легированных коррозионностойких сталей планируется к применению для печати изделий нового поколения.

Считаем, что диссертационная работа Каплан Михаила Александровича «Разработка технологии получения сферических порошков из коррозионностойкой

стали с антибактериальными свойствами для применения в порошковой металлургии» по экспериментальному, методическому и теоретическому уровням, объему работы, научной новизне, научной и практической значимости, актуальности полностью отвечает требованиям ВАК РФ (п.9 "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор диссертации, Каплан Михаил Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 (05.16.06) «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

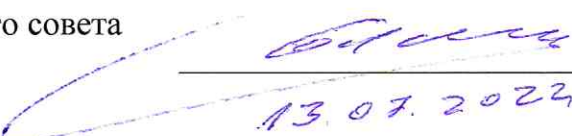
Работа заслушана на НТС отделения специальных технологий в Акционерном обществе "Корпорация "Московский институт теплотехники" (АО "Корпорация МИТ"), 127273, город Москва, Берёзовая ал., д.10 (протокол № 46 от «11» 07 2022 г.).

Заместитель начальника  
отделения и главного технолога  
– начальник отдела, к.т.н.

  
13.07.2022

М.В. Геров

Председатель ученого совета

  
13.07.2022



Б.В. Румянцев

«20» 07 2022г.

Акционерное общество "Корпорация "Московский институт теплотехники" (АО "Корпорация МИТ"), 127273, город Москва, Берёзовая ал., д.10

Тел.: +7 (499) 907-37-74, Факс: +7 (499) 907-37-29, E-mail: info@corp-mit.ru