

В диссертационный совет ГУ.9
Санкт-Петербургский
горный университет императрицы
Екатерины II

Отзыв

на диссертационную работу
Ермакова Сергея Борисовича
на тему «Разработка технологии и оборудования плазменного распыления порошков для аддитивных машин», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.6.17. Материаловедение

Актуальность

В актуальности работы указано, что одним из перспективных путей создания качественных металлических порошков является плазменное распыление твердых металлических заготовок (фидстоков) в струе плазмы. Получение качественных распыленных порошков возможно только путем комплексного моделирования процесса плазме распыления и создания математической модели поведения расплавленных микрокапель металла в герметически обособленной от внешней среды колонне распыления плазменного атомайзера.

Содержание работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Общий объем диссертации составляет 163 страницы, включая 32 таблицы и 55 рисунков. Список литературы содержит 181 источник.

Во введении представлена общая характеристика работы. В частности, здесь обозначена степень разработанности и актуальность выбранной темы исследований, основанной на изучении проблемы плазменного распыления порошков для аддитивных машин. Описана практическая и теоретическая значимость работы, научная новизна.

ОТЗЫВ

Вх. № 9-503 от 19.11.24
ЛУ УС

Научная новизна работы определяется следующими результатами проведенных исследований:

1. Теоретически обоснованы и экспериментально доказаны новые принципы распыления проволок из хромоникелевых сталей, реализованные на макетной установке для плазменной атомизации.

2. Выполнено компьютерное моделирование и разработана цифровая модель процесса распыления металлических проволок и термодинамических процессов, происходящих в колонне распыления плазменного атомайзера при одновременной работе одного и трех генераторов плазмы.

3. На основании компьютерного моделирования и расчетно-теоретического анализа процессов образования капли расплавленного металла, условий ее диспергизации, кристаллизации и охлаждения определены конструктивные и технологические параметры промышленной установки плазменной атомизации металлических порошков, обеспечивающие требуемый уровень качества порошковой продукции.

4. Исследованы и экспериментально подтверждены оптимальные параметры распыления металлических порошков в зависимости от химического состава, диаметров и скоростей подачи распыляемых проволок.

5. Показана взаимосвязь между геометрической формой, гранулометрическим, химическим составами распыляемых порошков, технологическими режимами распыления металлической проволоки и механическими свойствами изделий, полученных из распыленных порошков.

Заключение содержит краткие результаты исследований диссертационной работы и состоит из семи пунктов:

1. Разработана и научно обоснована принципиальная схема плазменного атомайзера, определены энергосиловые режимы распыления проволок металлов и сплавов; получены металлические порошки сплавов Fe, Ti, Ni, Co, Cu с заданными показателями сферичности, гранулометрического и химического составов частиц. Разработан и реализован проект промышленного атомайзера. На разработанное устройство получен патент РФ №204335.

2. Проведен анализ влияния энергосиловых параметров распыления, составов распыляемых проволок и качества плазмообразующего газа на

форму, химический и гранулометрический состав порошков. Полученные данные позволили рассчитать основные элементы полноразмерного макета и промышленного атомайзера.

3. Выполнено проектирование и изготовлен макет полноразмерного плазменного атомайзера. Разработана технология и определены основные технологические и энергосиловые параметры распыления Cr-Ni сталей для получения выхода товарных фракций (40–140 мкм) на уровне 60 %, со сферичностью частиц >95% и минимальным количеством внешних и внутренних дефектов, обладают идентичным с исходными проволоками составом.

4. Показано, что механические свойства образцов, изготовленных из распыленных порошков Cr-Ni сталей методами аддитивного производства полностью соответствуют требованиям нормативно-технической документации к данным маркам сталей, что доказывает возможность использования распыленных порошков в качестве материалов 3D-печати при изготовлении деталей и изделий ответственного назначения.

5. Выявлено, что автоматический перенос результатов лабораторных разработок атомизации на промышленное производство невозможен, так как увеличение времени распыления более 60 минут приводит к снижению годного и увеличению среднего размера распыленных частиц (d_{50}). Причиной снижения объема выхода годного является образование внутри колонны распыления замкнутых газовых вихрей, приводящих к образованию отложений частиц порошков на стенках колонны.

6. Выполнено математическое моделирование процесса распыления фидстоков в производственных условиях. Построена цифровая модель процесса распыления в промышленном атомайзере. Определены технологические параметры процесса распыления, обеспечивающие стабильность выхода товарных фракций порошка Cr-Ni сталей в ходе длительного распыления.

7. Определены параметры эксплуатации промышленного атомайзера, необходимые для получения качественных порошков сплавов Fe, Ti, Ni, Co, Cu в струе плазмы. Установлены базовые энергосиловые параметры

распыления проволок, обеспечивающие рентабельность получения товарных партий порошков для аддитивного производства.

Полученные в диссертационной работе результаты можно квалифицировать как решение проблемы разработки технологии и оборудования плазменного распыления порошков для аддитивных машин.

Степень достоверности и апробация работы

Достоверность научных результатов обеспечивается воспроизводимостью и согласованностью полученных результатов, подтверждается большим объемом экспериментальных исследований, проведенных для подтверждения основных теоретических положений, применением современного сертифицированного исследовательского оборудования и лицензионных программных средств для обработки информации, корректностью постановки задач исследования и комплексным подходом.

Основные результаты исследований представлены в 13 печатных работах, в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 7 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получен 1 патент. Результаты исследований были представлены и обсуждены на региональных и международных конференциях, что подчеркивает их значимость и актуальность в научном сообществе.

Вместе с тем, несмотря на вышеперечисленные достоинства выполненной работы, по автореферату имеются следующие замечания:

- имеются опечатки и неточности;

- не приведено обоснование почему именно такой набор материалов был выбран для исследования: стали 20, 07X16H6, 08X18H9, 12X18H10T, ЭИ417, сплавы титана - ВТ1-0, ВТ3-1 и ВТ6, никеля - Инконель 718, меди - БрАЖ9-4 и БрОФ8-0.3.

Заключение

Замечания, указанные в отзыве, не влияют на общую положительную оценку теоретических и практических результатов диссертации. Все

результаты и выводы, полученные автором, представлены в тексте диссертации и автореферате, который отражает ключевые аспекты исследования.

Диссертация ««Разработка технологии и оборудования плазменного распыления порошков для аддитивных машин», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 Материаловедение полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор Ермаков Сергей Борисович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 Материаловедение.

Ведущий эксперт (развитие партнерств)

АО «Северсталь

Менеджмент»,

кандидат технических наук

Карлина Антонина Игоревна

«14» ноября 2024 г.

Подпись А.И. Карлиной заверяю

«14» ноября 2024 г.

АО «Северсталь менеджмент»

127299, г. Москва, ул. Клары Цеткин, 2

Телефон: 8 (800) 200-69-39

E-mail: ai.karlina@severstal.com



СПЕЦИАЛИСТ

ПАРШКОВА Г. А.