



«УТВЕРЖДАЮ»

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого»
(ФГАОУ ВО «СПбПУ»)

ИНН 7804040077, ОГРН 1027802505279,
ОКПО 02068574

Политехническая ул., 29, Санкт-Петербург, 195251
тел.: +7(812)297 2095, факс: +7(812)552 6080
office@spbstu.ru



Проректор по научной работе

ФГАОУ ВО «СПбПУ»

Сергеев В.В.

04.06.2019 № 49-ШШШШ

на № _____ от _____

ОТЗЫВ

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет

Петра Великого» на диссертационную работу

Морозова Евгения Александровича

**«Исследование влияния параметров лазерной термической обработки на
структуру и свойства порошковых сталей»**, представленную на соискание

ученой степени кандидата технических наук по специальности

05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

Актуальность диссертационной работы

Диссертационная работа Морозова Е.А. посвящена решению актуальной научно-технической проблеме современного машиностроения - повышению износостойкости порошковой стали ПА-ЖГрД15, широко применяемой в узлах трения, путем экспериментальных исследований и компьютерного моделирования процесса лазерной обработки.

Технологии лазерной обработки, получившие свое рождение около трех десятилетий назад, в настоящее время переживают пик своего развития и популярности. Современные лазерные технологии повсеместно внедряются в промышленное производство, часто вытесняя традиционные методы обработки материалов. В настоящее время лазерную обработку применяют для различных

операций микрообработки, раскроя и резки материалов, упрочняющей поверхностной обработки, лазерной сварки, наплавки, лазерного сплавления и для других целей.

Технологии лазерного упрочнения особенно актуальны для тех областей техники, где необходимо сочетание легкости и компактности конструкции с ее высокой прочностью и износостойкостью при экстремальных условиях эксплуатации. Широкое применение лазерная поверхностная обработка находит для повышения долговечности, надежности деталей различных машин и приборов во многих отраслях промышленности: химическом машиностроении, автомобильной промышленности, судостроении, авиастроении и т. д.

Несмотря на широкое применение метода поверхностной лазерной обработки при упрочнении классических, литых материалов, применение лазеров при обработке порошковых материалов изучено недостаточно. Отсутствуют практические рекомендации по научно обоснованному выбору рациональных режимов обработки порошковых сталей, обеспечивающие получение высокой микротвердости и глубины обработанного слоя. Актуальной задачей является теоретическое моделирование процесса лазерной обработки порошковых сталей, позволяющее прогнозировать эксплуатационные характеристики деталей машин

Структура и содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов по работе, списка литературы и трех приложений. Диссертация изложена на 110 страницах машинописного текста и содержит 40 рисунков, 10 таблиц, библиографический список из 113 литературных источников.

Во **введении** обоснована актуальность решаемой проблемы, сформулированы цели и задачи исследований, отражены основные достигнутые результаты, отмечена научная новизна и практическая значимость диссертационной работы.

Первая глава посвящена анализу научных трудов, результатов экспериментальных и теоретических исследований процесса лазерной обработки

порошковых и литых сталей, выполненных отечественными и зарубежными учеными. Показано, что, несмотря на значительное количество исследований посвященных лазерной обработке литых материалов, для упрочнения порошковых сталей процесс лазерной обработки практически не применяется, по этому отсутствуют данные о влиянии параметров лазерной обработки на формирование геометрических характеристик зоны закалки, микротвердости и триботехнических свойств.

Во *второй главе* приведены данные по химическому составу и режимам лазерной обработки образцов из порошковых сталей ПА-ЖГр (с различной пористостью) и ПА-ЖГрД 15 (инфильтрованной медью).

Представлено используемое в работе оборудование, методы испытаний и исследований, позволившие провести всестороннюю оценку влияния параметров лазерной обработки на структуру и свойства порошковой стали.

В *третьей главе* представлены результаты экспериментальных исследований процесса лазерной обработки порошковых сталей.

Установлено влияние режимов лазерной обработки на характеристики упрочненного слоя материалов ПА-ЖГр с различной пористостью и ПА-ЖГрД15. Выявлены участки с различными структурно-фазовыми составами в зонах термического влияния и предложены механизмы их формирования.

Для порошковой стали ПА-ЖГр установлены граничные режимы лазерной обработки, позволяющие производить обработку без образования трещин в зоне термического влияния. Исследовано два вида образцов из порошковой стали ПА-ЖГрД15: тонкостенные втулки и массивные образцы. Установлено, что при обработке тонкостенных образцов скорость охлаждения зоны закалки за счет теплоотвода в основной материал недостаточна, и средняя микротвердость после лазерной обработки не превышает 445 HV_{0,05}. При обработке более массивных кольцевых образцов средняя микротвердость достигает 950 HV_{0,05}. На основе экспериментальных исследований разработана комплексная номограмма для выбора режимов лазерной обработки, позволяющая обеспечить требуемые характеристики глубины и микротвердости упрочненной зоны.

В *четвертой главе* представлены результаты исследований трибологических свойств в условиях гидроабразивного износа ПА-ЖГрД15 после лазерной обработки. В качестве опытных образцов использованы элементы осевых подшипников насосных ступеней электроцентробежных насосов из различных материалов и с различными видами и режимами обработки. Установлено снижение скорости гидроабразивного износа на 30-35% по сравнению с незакаленными изделиями.

Пятая глава посвящена моделированию распределения тепловых полей в порошковых и литых сталях при лазерной обработке. В результате расчетов получены картины распределения фаз и температур по глубине зон обработки, их сравнение с результатами металлографического анализа показывает хорошую сходимость как для порошковых сталей, так и для литого материала. Полученные результаты указывают на корректность принятых допущений и правильность постановки тепловой задачи.

В целом, работа изложена технически грамотным языком. Каждая Глава содержит важные результаты научных исследований автора и сопровождается выводами. Общее оформление работы не в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а именно: для написания текста диссертации использовалось как минимум два шрифта, не отформатирован междустрочный интервал и отступ первой строки.

Научная новизна полученных результатов

Работа содержит ряд новых научных результатов, полученных в ходе исследований и имеющих важное значение для науки и производства:

- экспериментально установлены зависимости между режимами лазерной обработки и характеристиками обработанных поверхностных слоев порошковых сталей ПА-ЖГр и ПА-ЖГрД15;

- установлены закономерности формирования упрочненных поверхностных слоев порошковых сталей ПА-ЖГр и ПА-ЖГрД15 после лазерной обработки;

- разработаны модели распределения тепловых полей в поверхностных слоях порошковых сталей, совпадающие с результатами экспериментальных исследований.

Практическая значимость полученных результатов

К наиболее значимым практическим результатам диссертационного исследования следует отнести следующее:

- определены параметры лазерной обработки порошковых сталей с различным уровнем пористости и инфильтрированных медью, обеспечивающие повышение микротвердости и увеличения износостойкости обработанных поверхностей в 2-2,5 раза;

- на основе теоретического моделирования и формирования упрочненного слоя в порошковых сталях при лазерной обработке разработана методика, позволяющая прогнозировать свойства и геометрические параметры упрочненного слоя порошковых углеродистых сталей и псевдосплавов системы «железо-медь» в зависимости от параметров лазерной обработки;

- разработаны технологические рекомендации лазерного упрочнения осевых пар трения электрических центробежных насосов. Результаты работы испытаны на предприятии АО «Новомет-Пермь», получены положительные результаты: повышение износостойкости буртов направляющих аппаратов электроцентробежных насосов на 30-35%.

Достоверность и обоснованность результатов

Обоснованность и достоверность полученных результатов не вызывает сомнения и обусловлены последовательным теоретическим анализом и подтверждающими его данными испытаний и исследований, а также обоснована согласованностью и воспроизводимостью полученных результатов.

Анализ содержания диссертационной работы и опубликованных работ показал, что все научные положения, выносимые на защиту, принадлежат диссертанту.

Оценка содержания диссертации

Объем и содержание диссертационной работы по степени научной новизны и практической значимости удовлетворяет требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Анализ содержания диссертационной работы убеждает в ее завершенности. Содержание диссертации изложено грамотно, в логической последовательности, а принятая терминология и стиль изложения соответствуют общепринятым нормам. Диссертационная работа соответствует специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы и ее основные положения.

Подтверждение основных результатов диссертации в научной печати

Основные результаты и положения диссертации Морозова Е. А. прошли апробацию на различных научно-технических конференциях и семинарах. По материалам диссертации опубликованы 13 научных работ, в том числе 7 работ в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 4 работы в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования WoS и Scopus.

Замечания по диссертационной работе

Диссертационная работа выполнена на высоком научно-методическом уровне. В тоже время, по диссертации имеются следующие замечания:

1. Не представлены уравнения зависимостей характеристик обработанного слоя стали ПА-ЖГр от режимов лазерной обработки.
2. Методика теоретического моделирования не учитывает некоторые из факторов, описанных в главе 1: испарение материала, образование плазмы, взаимодействие жидкой и газовой фаз, явления перемешивания жидкой фазы и др.
3. При проведении экспериментальных работ не уточняется методика создания защитной атмосферы.

4. В работе не обоснован выбор лазерного излучения в качестве источника высокоэнергетического нагрева.

5. В работе необходимо отразить экономические аспекты применения разработанных технологических рекомендаций.

6. Общее оформление работы не в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а именно: для написания текста диссертации использовалось как минимум два шрифта, не отформатирован междустрочный интервал и отступ первой строки.

Заключение

В диссертационной работе Морозова Евгения Александровича является завершенной научно-квалификационной работой на актуальную тему, в которой изложены научно обоснованные материаловедческие, технические и технологические решения, имеющие существенное значение для теории и практики порошковой металлургии и практическое значение для машиностроительных производств, использующих методы лазерной обработки. На основании выполненных автором исследований найдено научное решение проблемы повышения износостойкости порошковой стали ПА-ЖГрД15 путем лазерной поверхностной обработки, внедрение результатов которой имеет важное значение для технического развития страны.

Работа является актуальной, полученные результаты обладают научной новизной, обоснованы на современном научном уровне. Достоверность изложенных в работе результатов, полученных с использованием современного высокотехнологичного аналитического и испытательного оборудования, подтверждается их согласованностью и воспроизводимостью.

В целом, диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы, удовлетворяет требованиям; содержание автореферата соответствует содержанию диссертации и в необходимом объеме отражает ее основные

результаты и выводы; результаты работы достаточно полно освещены в научной печати.

Все перечисленное дает основание считать, что представленная диссертационная работа Морозова Е.А., несмотря на отдельные замечания непринципиального характера, соответствует критериям, установленным п. 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (ред. от 02.08.2016). Автор диссертации, Морозов Евгений Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Диссертационная работа рассмотрена и обсуждена на заседании кафедры «Технология и исследование материалов» Института металлургии, машиностроения и транспорта. Присутствовало на заседании 19 человек (из присутствующих 8 докторов наук и 11 кандидатов наук). Результаты голосования: «ЗА» - 19 чел., «ПРОТИВ» - 0 чел., «ВОЗДЕРЖАЛОСЬ» - 0 чел. Протокол №7 от 30.05.2019 г.

Заведующий кафедрой

Технология и исследование материалов

д.т.н., профессор



В.Н. Цеменко

Отзыв составили:



Профессор кафедры «Технология и исследование материалов»

д.т.н.



А.А. Попович

Профессор кафедры «Технология и исследование материалов»

д.т.н.



Е.Л. Гюлиханданов

Цеменко Валерий Николаевич, доктор технических наук, специальность 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы, заведующий кафедрой «Технология и исследование материалов» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29

Тел. 8 (812) 552-80-90

e-mail: plast-ftim@mail.ru

Попович Анатолий Анатольевич, доктор технических наук, специальность 05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы, профессор кафедры «Технология и исследование материалов» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29

Тел. 8 (812) 294-46-20

e-mail: director@immet.spbstu.ru

Гюлиханданов Евгений Львович, доктор технических наук, специальность 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, профессор кафедры «Технология и исследование материалов» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29

Тел. 8 (812) 552-80-90