

В диссертационный совет 24.2.332.01
при ФГБОУ ВО «Московский государственный
технологический университет «СТАНКИН»
по адресу: 127994, г. Москва, ГСП-4,
Вадковский пер., д.1

ОТЗЫВ

официального оппонента Матюнина Вячеслава Михайловича, доктора технических наук, профессора кафедры технологии металлов ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» на диссертационную работу Скоробогатова Андрея Евгеньевича по теме «Разработка технологии изготовления биметаллических изделий с использованием коаксиальной лазерной наплавки», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5. - Технология и оборудование механической и физико-технической обработки

Актуальность темы диссертационной работы

Тема диссертационной работы актуальна, что подтверждается ее целью и задачами, состоящими в повышении качества и ресурса эксплуатации биметаллических корпусных деталей, изготовленных с использованием коаксиальной лазерной наплавки. Особенность такой технологии заключается в том, что она включает коаксиальную лазерную наплавку функционального слоя из жаростойкого порошка молибдена на литую заготовку из углеродистой конструкционной стали. Следует отметить, что до настоящего времени для таких пар материалов не удавалось разработать подобную технологию в такой степени, чтобы ее можно было рекомендовать к внедрению для изготовления изделий ответственного назначения, работающих в условиях повышенного

износа и высокотемпературного воздействия. Основная причина состояла в том, что получаемый функциональный слой не обеспечивал требуемого качества и уровня физико-механических и служебных свойств. Для устранения этих недостатков в диссертационной работе необходимо было решить несколько важных технологических и материаловедческих задач. Прежде всего необходимо было установить оптимальные режимы коаксиальной лазерной наплавки, а также исследовать влияние этих режимов на структурно-фазовый состав функционального слоя и, как следствие, на физико-механические и служебные свойства. Кроме того, необходимо было в натурном эксперименте подтвердить преимущества разработанной технологии по сравнению с традиционной с обеспечением более высокой эксплуатационной стойкости изделия, работающего под воздействием высоких температур.

Анализ и оценка содержания диссертации и полученных результатов

Диссертационная работа состоит из четырех глав, изложена на 151 стр. машинописного текста, включает 91 рисунок, 29 таблиц, список литературы из 110 источников отечественных и зарубежных авторов, четырех приложений, включая акт внедрения полученных результатов.

Содержание диссертации можно подразделить на три основных, взаимосвязанных раздела по следующим направлениям исследований.

I раздел – обоснование выбора аддитивной технологии, материалов, оборудования и методик для проведения экспериментов (введение, главы 1-2):

II раздел – исследование процессов коаксиальной лазерной наплавки молибденового порошка на литую углеродистую сталь, а также анализ микроструктуры и определение физико-механических и служебных свойств функционального слоя (глава 3);

III раздел – разработка и внедрение комбинированной технологии изготовления биметаллического изделия ответственного назначения с использованием коаксиальной лазерной наплавки (глава 4).

В **I**-м разделе выполнен литературный обзор современных отечественных и зарубежных достижений по разработке аддитивных технологий изготовления биметаллических деталей. Отмечено, что наплавленные слои из тугоплавких металлов обладают более высокими физико-механическими и служебными свойствами по сравнению со слоями, полученными традиционными методами. Несмотря на то, что лазерная наплавка

тугоплавких материалов изучена достаточно полно, наплавка порошков на основе молибдена изучена недостаточно и, прежде всего, при использовании порошков отечественного производства. И, как показала практика, полученные функциональные слои могут содержать дефекты в виде пор, микро- и макротрещин. Автор диссертации, исходя из поставленных задач, приходит к выводу о том, что для повышения качества функционального слоя целесообразно использование технологии коаксиальной лазерной наплавки молибденового порошка на литую среднеуглеродистую конструкционную сталь 25Л. В этом же разделе определены физические свойства и химический состав выбранных отечественных молибденовых порошков и изложена методика их гранулометрического анализа. Для коаксиальной лазерной наплавки выбраны и освоены установки также отечественного производства. Для проведения химического, металлографического, микрорентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализов функциональных слоев и определения их физико-механических и служебных свойств использованы современные приборы и установки. Особо следует выделить предложенную методику проведения полного факторного эксперимента для определения рациональных режимов коаксиальной лазерной наплавки.

Во II-м разделе обоснован выбор отечественного молибденового порошка для коаксиальной лазерной наплавки. В технологическом плане были выявлены оптимальные режимы лазерной наплавки единичных валиков, а также единичного валика и объемного слоя молибденового порошка на литой стали 25Л. В число основных параметров этих режимов входят мощность лазерного излучения, скорость сканирования, расход порошка, расходы несущего и защитного газов. Были построены технологические карты процессов коаксиальной лазерной наплавки, которые позволяют прогнозировать уровень микротвердости в зависимости от скорости сканирования, мощности лазерного излучения и расхода порошка. В этом же разделе проведены сравнительные исследования микроструктуры молибденовых слоев, полученных лазерной наплавкой и вакуумной пайкой. Показано, что твердость и износостойкость функциональных покрытий, полученных лазерной наплавкой молибденового порошка ПМСС-М99,9 значительно превосходят эти же свойства при традиционной пайке молибденовых пластин ВМ1. В данном разделе необходимо выделить два следующих вывода, имеющих важное научно-практическое значение. Один из них состоит в том, что установленная взаимная диффузия Mo, Fe и C в области границы лазерной наплавки одиночного валика и стальной подложки дополнительно повышает адгезионную прочность наплавленного слоя. А второй вывод состоит в том, что качественный наплавленный функциональный слой получается не только за счет оптимизации

технологических режимов, но и за счет присутствия углерода, приводящего к образованию карбидов Мо в α - твердом растворе Мо.

III-й раздел диссертации содержит полученные результаты по внедрению разработанной технологии изготовления биметаллических изделий. Для этого была выбрана реальная биметаллическая деталь «Корпус» (Мо-сталь) для установления возможности замены вакуумной диффузионной пайки защитного молибденового покрытия на коаксиальную лазерную наплавку молибденового порошка на литую сталь. На основе предложенной математической модели распределения температуры нагрева при высокотемпературном воздействии был выполнен прогноз работоспособности детали. Было установлено, что эта работоспособность повышается в 2,5 раза при замене традиционного процесса пайки на коаксиальную лазерную наплавку. При этом деталь с припаянной молибденовой пластиной теряет свою работоспособность через 1,8 секунды из-за нагрева выше температуры плавления припоя (1083°C), а защитное покрытие, нанесенное лазерной наплавкой, повышает работоспособность до 4,6 секунды при температуре детали до 1300°C . В этом же разделе разработаны практические рекомендации по изготовлению биметаллической детали «Корпус» по предложенной комбинированной технологии, что подтверждается актом предприятия АО «МКБ»«Факел». Приведены технико-экономические показатели, свидетельствующие о преимуществах предложенной технологии, состоящих в снижении трудоемкости и стоимости детали по сравнению с традиционной технологией.

Замечания и рекомендации по диссертационной работе

1. С какой целью выбрана комбинированная технология? Возможно более целесообразно изготавливать биметаллическую деталь методом лазерной коаксиальной наплавки?
2. В тексте диссертации и в автореферате нет обоснования выбора для разработки технологии изготовления биметаллических изделий литой среднеуглеродистой конструкционной стали 25Л.
3. При построении технологических карт процесса коаксиальной лазерной наплавки было принято предположение о том, что с уменьшением скорости сканирования происходит увеличение твердости валиков. Однако, по экспериментальным данным, приведенным в табл.3.4 диссертации, такой вывод неочевиден. При изменении скорости сканирования от 700 до 300

мм/мин значения микротвердости изменяются мало и находятся в одной полосе естественного разброса экспериментальных данных.

4. Для оценки прочности полученных функциональных слоев недостаточно определение только микротвердости. При использовании инструментального индентирования возможно определение и других механических свойств, например, модуля упругости, трещиностойкости, остаточных напряжений.

5. При обозначении микротвердости необходимо указывать нагрузку вдавливания индентора. Известно, что определяемые значения твердости увеличиваются с уменьшением нагрузки вдавливания из-за влияния масштабного фактора, и особенно сильно, в микро и нанодиапазонах индентирования.

Заключение

Отмеченные недостатки не снижают достоинств и общей положительной оценки диссертационной работы. **Научная новизна** результатов этой работы состоит в расширении возможностей управления структурой и физико-механическими свойствами биметаллических материалов, полученных с использованием коаксиальной лазерной наплавки, что позволяет обеспечить более высокий уровень физико-механических и служебных свойств изделий машиностроения и повысить ресурс их эксплуатации. **Практическая значимость** работы заключается в разработке и внедрении технологического процесса изготовления биметаллических изделий с использованием коаксиальной лазерной наплавки. **Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций** подтверждаются применением современных методов технологических и материаловедческих исследований, использованием современного технологического и аналитического оборудования, необходимым и достаточным количеством экспериментального материала, совпадением теоретических расчетов и экспериментально полученных результатов.

Результаты исследований представлены в научных публикациях (одна из них в журнале из перечня ВАК и 3 в журналах, индексируемых в базах Web of Science и Scopus (Q1 и Q2)). Автореферат соответствует содержанию диссертации. Текст диссертации изложен грамотным техническим языком с хорошим качеством рисунков и фотографий.

Оценивая диссертационную работу «Разработка технологии изготовления биметаллических изделий с использованием коаксиальной лазерной наплавки» есть основания заключить, что по актуальности темы, научной новизне, степени обоснованности полученных результатов, научно-

практической значимости она является завершенной научно-квалификационной работой, соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Скоробогатов Андрей Евгеньевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5. – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

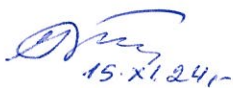
Официальный оппонент:

профессор кафедры технологии металлов

НИУ «МЭИ», доктор технических наук,

специальность – 05.02.01 «Материаловедение

в машиностроении»



Матюнин Вячеслав Михайлович

Согласен на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени к.т.н. Скоробогатова А.Е. и их дальнейшую обработку.

Адрес организации: 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14.

Тел. (495) 362-75-68, E-mail: MatyuninVM@mpei.ru

Подпись д.т.н., проф. Матюнина В.М. заверяю.

Зам. начальника управления по работе

с персоналом ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»



Полевая Л.И.