


УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе НГТУ
д.т.н., профессор
Вострецов А.Г.
«25» мая 2018 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» на диссертационную работу **Ву Ван Гюи «Цементация низкоуглеродистых сталей с использованием плазменного нагрева графитосодержащих покрытий и технологических газовых сред**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 - Материаловедение (в машиностроении) (технические науки)

Процесс эксплуатации машин и оборудования всегда сопровождается износом, который постепенно приводит к снижению срока службы машин. Поэтому увеличение износостойкости быстроизнашивающихся деталей различного назначения является важнейшей задачей современного машиностроения и других отраслей техники. Большая часть деталей машин и механизмов изготавливается из конструкционных низкоуглеродистых сталей.

В последние годы появилась возможность применения новых источников нагрева – концентрированных источников (лазер, плазма, электронный луч) для упрочнения поверхности металлов и сплавов. Использование данных типов источников нагрева позволяет получить уникальную структуру и свойства поверхностного слоя, которые недостижимы для ранее известных способов термической обработки. В результате этого удастся улучшить механические и другие важные для техники свойства материалов.

Проанализированы возможности плазменной дуги и плазменной струи при цементации. Показано, что практически не исследован вопрос применения плазменной дуги для насыщения поверхности углеродом. Обозначены проблемы, связанные с формированием цементированных слоев, сформулированы задачи исследования.

Структура и содержание работы

Материалы диссертационной работы изложены на 185 страницах машинописного текста, включающих 17 таблиц, 109 рисунков и 6 приложений.

Основная часть работы включает введение, 5 глав, заключение и список литературы из 161 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований; изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведены литературный обзор методов цементации и постановка задач исследований. В работах зарубежных и российских авторов процесс цементации происходит только с оплавлением поверхности, т.е. с образованием жидкой металлической ванны. Используемые в данных работах углеродосодержащие обмазки не обеспечивают возможность применения для целей цементации плазменной дуги, которая получила широкое применение в промышленности (сварка, наплавка, закалка и т.д.). Показано, что практически не исследован вопрос применения плазменной дуги для насыщения поверхности углеродом. Обозначены проблемы, связанные с формированием цементированных слоев, сформулированы задачи исследования.

Во второй главе описаны оборудование и методы исследования. Сделано обоснование выбора состава углеродосодержащего покрытия (обмазки) и на основе проведенных экспериментов разработана графитовая обмазка, состоящая из графита, жидкого стекла, воды, СОЖ (смазочно-охлаждающие жидкости). Данный тип обмазки дает хорошее механическое сцепление с поверхностью и обеспечивает стабильность горения плазменной дуги. Для проведения эксперимента по плазменной цементации использованы образцы из сталей СтЗсп и 20.

В третьей главе представлены экспериментальные исследования оценки влияния энергетических параметров процесса плазменной цементации на формирование различных агрегатных состояний поверхностного слоя. Определены зависимости глубины цементации от технологических параметров процесса при режиме микроплавления и оплавления поверхности металла. Разработана расчетно-экспериментальная методика, которая позволяет определить диаметр пятна нагрева при плазменной обработке. Использование значений диаметра пятна, рассчитанных по предложенной методике, при моделировании процесса плазменного нагрева дает высокую степень согласованности с результатами экспериментов.

В четвертой главе приведены результаты исследования: описаны параметры поверхности после обработки, приведены результаты определения концентрации углерода в цементируемых слоях, испытания на износостойкость, теплостойкость и перекрытия дорожек, представлены описания микроструктуры цементированного слоя.

В пятой главе представлены результаты промышленной реализации результатов проведенных исследований. Разработана новая технология восстановления втулки шпинтона железнодорожной тележки. Упроченная наплавленная втулка шпинтона позволяет выйти в нормативные требования поверхностной твердости новой детали. Предложено изготавливать матрицу штампа обрубки и зачистки отверстий основания реле РЭС-48 из стали 20 с последующей плазменной цементацией. Новая матрица обеспечивает аналогичную стойкость штампа по сравнению с штампом, изготовленным из инструментальных сталей, это позволяет сократить трудоёмкость изготовления штампа, экономить дорогостоящие легированные инструментальные стали.

Научная новизна

- установлена возможность применения плазменного источника нагрева для цементации с получением различных агрегатных состояний поверхности металла (без оплавления, микроплавление, с оплавлением) в зависимости от технологических параметров процесса

- выявлены закономерности формирования структуры и свойств цементированных слоев в зависимости от температурно-временных режимов

плазменного поверхностного нагрева низкоуглеродистых сталей. Показано, что при тепловой мощности в режиме плазменной струи от 1,1 до 1,3 кВт и длительности воздействия 0,2–0,35 с. происходит насыщение поверхностного слоя углеродом без оплавления. В качестве плазмообразующей и насыщающей среды используются смеси ароматических углеводородных соединений. Установлено, что в режиме плазменной дуги при мощности от 2,5 до 3 кВт и длительности воздействия 0,07–0,2 с с использованием углеродосодержащих покрытий (имеющих в составе графит, жидкое стекло и др.), цементация происходит с микроплавлением поверхности. При мощности свыше 3 кВт цементация осуществляется через жидкую фазу с образованием жидкометаллической ванны.

- показано изменение градиентности структур и фаз в связи со снижением концентрации углерода по мере удаления от поверхности при формировании цементированного слоя в режиме микроплавления поверхности. Установлено, что основными структурными составляющими в цементруемых слоях являются высокоуглеродистый мартенсит, аустенит, ледебуритная эвтектика, цементит.

- установлены закономерности формирования структуры цементированного слоя, включающей ледебуритную эвтектику, аустенит, мартенсит. Это позволяет путем оптимизации технологических параметров повышать в 1,5 раз износостойкость при абразивном изнашивании сталей 20, Ст3 по сравнению со сталями таких же марок, но цементруемых в печи. При испытаниях на теплостойкость (выдержка в течение 2 ч при 600 °С), такой тип структуры цементированного слоя позволяет сохранить значения микротвердости поверхностного слоя в диапазоне 5000–7000 МПа.

Практическая значимость

1. Разработана методика определения диаметра пятна нагрева при плазменной обработке.

2. Разработаны технологические основы высокоскоростной плазменной цементации, обеспечивающей формирование науглероженных слоев толщиной от 20 мкм до 2 мм за время 0,07 до 0,35 с.

3. Результаты исследований прошли промышленные испытания: упрочение штампа и наплавленной втулки шпинтона тележки.

4. Показана возможность повышения поверхностной твердости деталей машин и инструментов до 7000–11000 МПа, восстановленных наплавкой низкоуглеродистыми наплавочными материалами, при помощи последующей плазменной цементации.

5. Результаты работы используются в учебном процессе на кафедре «Машиностроительных технологий и материалов» Иркутского национального исследовательского технического университета при преподавании учебных курсов «Методы повышения износостойкости деталей машин»; «Упрочняющие и восстановительные технологии».

Методы исследования и достоверность результатов

При выполнении диссертационной работы применялись следующие методы исследования: металлографический, рентгено-флуоресцентный и оптико-эмиссионный; испытание на износостойкость и теплостойкость; измерение микротвердости. Для определения скорости нагрева и охлаждения при плазменной цементации и оптимизации технологических параметров процесса нагрева использовались современные методы численного моделирования. Исследования проводились с применением современного аналитического и технологического

оборудования, лабораторных установок и соответствующих методик проведения экспериментов, дающих достоверные результаты.

Публикации. По теме диссертации опубликовано в журналах и в сборниках научных конференций 25 научных работ, из них 3 статьи входят в международную систему SCOPUS, 3 статьи в журналах, которые входят в базу данных Russian Science Citation index (RSCI), 4 статьи в журналах, которые входят в перечень ВАК; 15 докладов в сборниках трудов конференций.

Выборочный анализ соответствия результатов публикаций требованиям ВАК показывает, что статьи:

1. Балановский А.Е., Ву Ван Гюи. К вопросу определения размера пятна нагрева при плазменной поверхностной обработке // Упрочняющие технологии и покрытия. 2017. Т. 13. № 2 (146). С. 82–91.

2. Балановский А.Е., Гречнева М.В., Ву Ван Гюи. Исследование структуры рельсовой стали после плазменного поверхностного упрочнения // Упрочняющие технологии и покрытия. 2015. № 11 (131). С. 23–32.

3. Балановский А.Е., Ву Ван Гюи. Насыщение поверхности металла углеродом при плазменной поверхностной обработке // Упрочняющие технологии и покрытия. 2017. Т. 13. № 9 (153). С. 82–91.

4. Ву Ван Гюи, Балановский А.Е. Исследование износостойкости поверхности стали после плазменной цементации с использованием углеродосодержащей пасты // Вестник ИрГТУ. – 2017. – Т. 21. – № 4. – С. 10–21.

5. Ву Ван Гюи, Балановский А.Е. физические основы технологии плазменной поверхностной цементации деталей на примере втулки шпинтона пассажирского вагона // Вестник ИрГТУ. – 2017. – Т. 21. – № 3. – С. 10–22.
опубликованы в журналах, которые входят в Перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней по группам научных специальностей: 05.02.00 – Машиностроение и машиноведение; 05.16.00 – Металлургия и материаловедение.

Замечания по диссертационной работе

При ознакомлении с текстом диссертации и ее авторефератом возникли следующие замечания:

1. В работе не проведены исследования влияния толщины графитового покрытия на свойства и полученные структуры поверхностных слоев после цементации;

2. В диссертационной работе нет данных по исследованию прочности сцепления наплавленного и основного металла;

3. Оплавление происходит концентрированно в «дорожечном» режиме. В зависимости от коэффициента перекрытия дорожек должен наблюдаться провал твердости. Как этот эффект повлияет на показатели износостойкости?

4. Не совсем ясно, можно ли разработанную методику применять для определения диаметра пятна нагрева при использовании других концентрированных источников.

5. Желательно в работе показать сравнение предлагаемой технологии например с традиционной цементацией.

Отмеченные замечания лишь незначительно снижают качество материала диссертации, и не влияют на основные результаты исследования и выводы.

Заключение


С учетом актуальности темы диссертации, научной обоснованности, оригинальности и новизны технологических разработок можно делать вывод о том, что диссертация Ву Ван Гюи на тему «Цементация низкоуглеродистых сталей с использованием плазменного нагрева графитосодержащих покрытий и технологических газовых сред» является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на современном научно-техническом уровне.

Диссертация Ву Ван Гюи на тему «Цементация низкоуглеродистых сталей с использованием плазменного нагрева графитосодержащих покрытий и технологических газовых сред» соответствует квалификационным требованиям пункта 9 «Положение о присуждении научных степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор, Ву Ван Гюи, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 - Материаловедение (в машиностроении) (технические науки).

Заключение составил Буров Владимир Григорьевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой материаловедения в машиностроении НГТУ.

Отзыв утвержден на научном семинаре кафедры «Материаловедение в машиностроении» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», протокол заседания № «5» от 24 мая 2018 г.


Председатель семинара
заведующий кафедрой материаловедения в
машиностроении НГТУ, д.т.н.,
профессор


В.Г. Буров

Секретарь
доцент кафедры материаловедения в
машиностроении НГТУ, к.т.н.


Н.В. Плотникова

Подпись Булова В.Г и Плотниковой Н.В. заверяю:
начальник отдела кадров НГТУ


Пустовалова О.К.

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», г.
Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, кафедра «Материаловедения в машиностроении»,
тел. (383)346-06-12, e-mail: kaf_mm@corp.nstu.ru